



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

PLAN DE FORMACIÓN EN VW-NAVARRA PARA EL
MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DIGITALES DE
VERIFICACIÓN ULTRASÓNICA

Alumno: Iñaki Martínez Esaín

Tutor: Arturo Resano Lázaro

Pamplona, 15 de noviembre 2012



0. INDICE

1.OBJETO.....	1
2.INTRODUCCIÓN	5
2.1. EL CONSORCIO VOLKSWAGEN	5
2.1.1.HISTORIA	5
2.1.2.SITUACIÓN ACTUAL	6
2.2. VOLKSWAGEN NAVARRA	7
2.2.1.HISTORIA DE LA FÁBRICA.....	7
2.2.2.HISTORIA DEL VOLKSWAGEN POLO	11
2.2.3.PROCESO PRODUCTIVO	16
3. ASPECTOS TEÓRICOS	21
3.1. PRINCIPIOS TEORICOS DE LA SOLDADURA POR RESISTENCIA.....	21
3.1.1.INTRODUCCION Y DEFINICIONES	21
3.1.2.TEORIA DE LA SOLDADURA POR PUNTOS.....	22
3.1.3.PROCESO DE FORMACIÓN DEL PUNTO DE SOLDADURA.....	25
3.1.4.GEOMETRIA DEL PUNTO DE SOLDADURA	27
3.1.5.ESTRUCTURA MACROGRÁFICA DEL PUNTO	30
3.2. TIPOS DE PUNTOS DE SOLDADURA	32
3.2.1.INTRODUCCION.....	32
3.2.2.PROPAGACIÓN DEL ULTRASONIDO	33
3.2.3.TIPOS DE PUNTOS DE SOLDADURA.....	35
3.3. PRINCIPIOS ULTRASÓNICOS	40
3.3.1.INTRODUCCION.....	40
3.3.2.FRECUENCIA, VELOCIDAD Y LONGITUD DE ONDA	41
3.3.3.DEFINICION DEL TERMINO ULTRASONIDO	43
3.3.4.PRINCIPIOS DE LA PROPAGACIÓN DE ONDAS	45
3.3.5. PIEZOELECTRICIDAD	58



3.4. MÉTODOS DE VERIFICACION DE LOS PUNTOS DE SOLDADURA	64
3.4.1.METODO DESTRUCTIVO	64
3.4.2.METODO DEL CINCEL-MARTILLO	66
3.4.3.METODO UTRASONICO	68
4.CONCEPTOS BÁSICOS	73
5.TECNOLOGIA Y METODOS UTILIZADOS	75
5.1 TARJETA UT_MATE	76
5.2. TRANSDUCTORES	77
5.3. SOFTWARE SPOTWELD INSPECTOR 3.2.1.....	78
6.DESARROLLO DEL TRABAJO	80
6.1 SELECCIÓN DE TRANSDUCTORES Y CONFIGURACIONES	80
6.1.1.DETERMINACIÓN DEL ORDEN DE INSPECCIÓN	80
6.1.2.SELECCIÓN DE TRANSDUCTORES A UTILIZAR	80
6.1.3.DETERMINACIÓN DE LAS CONFIGURACIONES A UTILIZAR	81
6.1.4.RESULTADOS.....	82
6.2. VELOCIDADES DE TRANSMISIÓN DEL SONIDO	92
6.2.1.VELOCIDADES EN CHAPAS INDIVIDUALES.....	92
6.2.2.VELOCIDADES EN COMBINACIONES DE CHAPAS.....	93
6.2.3.RESULTADOS.....	94
6.3. DETERMINACIÓN DE LOS PARAMETROS UPR	96
6.4. DETERMINACIÓN DE LOS PARAMETROS SWD	97
6.5. CREACION DE LOS PLANES DE INSPECCIÓN	103
7.MANUAL.....	105
7.1. -PRINCIPIOS TEÓRICOS-	107
7.2. -SPOTWELD INSPECTOR-	130
7.3. -PLANES DE INSPECCIÓN-.....	189
8.ESTRUCTURA DEL CURSO	218
9.CONCLUSIONES	220
10.BIBLIOGRAFIA.....	221



1. OBJETO

El objeto de este proyecto es la ejecución de un plan de formación para la programación y mantenimiento de equipos digitales de verificación ultrasónica. Este plan de formación se materializa en un manual y en la impartición de un curso a personal técnico de VW.

El manual ha pasado a formar parte de la biblioteca del departamento de formación de VW-Navarra. Tanto el curso como el manual están dirigidos al personal del mantenimiento de chapistería. Una vez finalizada la beca ellos son los encargados del ajuste y adaptación de los equipos a las nuevas necesidades que van surgiendo.

VW-Navarra ha adquirido dos equipos digitales de verificación ultrasónica. La primera fase del proyecto fue la puesta a punto y configuración de estos equipos de verificación ultrasónica. Al final de esta fase los equipos estaban ya operando en el taller, tres operadores ejecutaban los planes de inspección diseñados.

Basándose en la experiencia adquirida se ha desarrollado la segunda fase. Se ha creado un manual de formación interno, autentico objetivo del proyecto. En este manual se exponen detalladamente todos los conceptos ultrasónicos y todos los pasos a seguir para la puesta a punto y creación de los planes de inspección de los puntos de soldadura.

La última fase del proyecto ha sido la impartición de un curso de 40 horas. En él se ha explicado y se ha puesto en práctica lo reflejado en el manual. Al final de este curso el personal de mantenimiento es ya el encargado de la programación y mantenimiento de los equipos de verificación ultrasónica.

El proyecto forma parte de la beca de un año de duración que el ponente desarrollo en VW-Navarra. Se llevó a cabo desde el laboratorio de soldadura de chapistería, el cual pertenece a la sección de mantenimiento.

El laboratorio de soldadura tiene como objeto el control de calidad de todas las uniones soldadas presentes en la fabricación de la carrocería del vehículo. Es el encargado de definir y ajustar todos los parámetros físicos que rigen los diferentes procesos de soldadura.

Dispone de equipo necesario para la realización y análisis de probetas metalográficas y periódicamente inspecciona microscópicamente todas las uniones soldadas. Complementa ese seguimiento con pruebas destructivas de pieza y con técnicas ultrasónicas de verificación. En base a los resultados obtenidos con estas técnicas de control ajusta los parámetros implicados en los procesos de soldadura.



2. INTRODUCCIÓN

2.1. EL CONSORCIO VOLKSWAGEN

2.1.1. HISTORIA

Volkswagen comenzó su andadura en 1934 cuando Ferdinand Porsche presentó al gobierno alemán su proyecto para la construcción de un vehículo al alcance de cualquier alemán: el Volkswagen (literalmente “coche del pueblo”). El lanzamiento comercial del modelo definitivo no llegó hasta 1939 y durante la Segunda Guerra Mundial se fabricaron 75.000 unidades militares y civiles.

Tras el conflicto bélico, se creó la fábrica de Wolfsburg, actual sede de la marca. Desde allí se retomó la producción del “Kafer” (escarabajo en alemán), nombre con el que se conocía ya en Alemania.



En sus seis primeros meses de actividad VW fabricó 1.785 coches. A partir de ahí, la ascensión fue prácticamente imparable, en 1955, ya se había alcanzado el millón de unidades.

La innovación es un principio que anima a Volkswagen desde el principio. El mítico Escarabajo, con un motor refrigerado por aire ubicado en la parte trasera y las suspensiones por barras de torsión. La furgoneta Transporter, que inauguraba una nueva clase de vehículos comerciales, o el Golf, el primer compacto de la historia, corroboran el espíritu VW.



Un espíritu que tiene hoy su continuación en la aplicación de la transmisión integral a varios modelos del Consorcio, la fabricación en serie del primer coche con carrocería en aluminio, el Audi A2, o la experimentación en motores de bajo consumo tanto de gasolina (inyección directa FSI) como diesel (TDI con sistema inyector-bomba).

Preocupación que, por cierto, se extiende de igual modo a la voluntad del Consorcio por aumentar la reciclabilidad de sus vehículos hasta llegar al 95% de las piezas, para sí cumplir en 2015 la norma de la Unión Europea.

2.1.2. SITUACIÓN ACTUAL

El Grupo Volkswagen, con sede en Wolfsburg, es uno de los grupos líderes de automoción en el mundo y es la compañía líder del mercado europeo.

El Grupo está constituido por doce marcas procedentes de siete países europeos: Volkswagen, Audi, SEAT, Škoda, Porsche, Volkswagen Vehículos Comerciales, Ducati, MAN SE, Bentley, Bugatti, Lamborghini, Porsche y Scania AB. Además posee el 20% de las acciones del grupo Suzuki.

El Grupo opera en 61 plantas de producción en quince países europeos y en más de seis países en América, Asia y África, contando alrededor del mundo con unos 370.000 empleados produciendo unos 26.000 vehículos diarios. El Grupo Volkswagen vende sus vehículos en más de 153 países.

En el año 2011 Volkswagen conseguiría ascender al segundo lugar en el escalafón mundial de productores, manteniéndose por detrás de General Motors y desplazando a Toyota al tercer lugar.

Marcas como Bugatti, Bentley, Rolls Royce y Lamborghini se caracterizan por el lujo, la exclusividad y la deportividad. Son productos que buscan la diferenciación y están dirigidos a clientela exclusiva y con alto poder económico.

Marcas más tradicionales del grupo, como son Volkswagen y Audi, son sinónimo de calidad, fiabilidad, resistencia, elegancia y al mismo tiempo sencillez. Con ellas el Consorcio pretende satisfacer a clientes que buscan un producto más accesible y más cotidiano a la vez que también diferenciado por la marca.



Con marcas como Seat o Škoda el Consorcio pretende transmitir un espíritu más deportivo, moderno e innovador, y puede competir en precio con productos más sencillos frente a otros grandes fabricantes.

2.2. VOLKSWAGEN NAVARRA

2.2.1. HISTORIA DE LA FÁBRICA

Volkswagen Navarra es una de las 61 plantas de producción del Grupo Volkswagen y la fábrica líder del nuevo Polo, conocido también como Polo “A05”, Polo de 5ª generación.

La historia de la fábrica se divide en tres grandes eras, la era Authi, que transcurrió de 1965 a 1975, la era Seat que fue de 1976 a 1983, y la era Volkswagen que transcurre desde 1984 hasta la actualidad. Desde sus inicios ha sido el principal motor de la economía regional navarra y ha experimentado un importante desarrollo a lo largo de su evolución.

- **Era Authi:**

El 24 de agosto de 1965 se inician las obras de construcción de la planta de Authi (Automóviles Hispano Ingleses) en Landaben.

Dos razones hacen de la capital Navarra el lugar idóneo para su emplazamiento: las exenciones fiscales y el suelo facilitado por la Diputación Foral de Navarra, y su privilegiada situación geográfica.

Un año más tarde, el 30 de Septiembre de 1966 sale de la fábrica el primer automóvil, un Morris 1.100. A finales de año se inicia la producción en cadena. Ese año la plantilla llegó hasta los 1.000 trabajadores y la producción esperada para el año siguiente era de 2.500 automóviles al mes.

En octubre del 67 se presenta el segundo modelo, el MG 1100. Durante todo ese año se fabrican 14.900 vehículos.

Durante 1968 se construye el famoso Mini, un coche que quería llegar al ciudadano español. Durante los primeros años de la década de los 70 se empezaron a fabricar numerosos modelos nuevos o nuevas versiones de los ya existentes como el Mini Cooper, el Mini GT, Austin 1300, Morris 130 o el Mg 1300.

La multinacional inglesa British Leyland adquiere el 50% de Authi en 1969.

Finalmente, en 1973, British Leyland pasa a controlar el 98% del capital de la empresa. Sus planes de expansión para la planta de Pamplona no se hacen efectivos debido a la grave crisis del sector inglés del automóvil, que hace peligrar la supervivencia de la firma inglesa.

A partir de 1974 empezaron a aparecer problemas dentro de la fábrica. Incluso un inoportuno incendio en octubre de este año agravó la situación. Así se llegó a 1975, cuando en febrero, se decidió la suspensión de pagos. Esta situación provocó la compra de AUTHI por Seat siendo el aspecto más influyente de esta decisión “el problema humano que existía” palabras dichas por el entonces director de producción de Seat.

- **Era Seat**

En enero de 1976 sale de fábrica el primer modelo de Seat, un 124. En aquel entonces, Seat era una sociedad formada por el INI (Instituto Nacional de Industria) y por Fiat. En 1977 la plantilla ascendía a 1.768 empleados y la fabricación alcanzó los 37.286 vehículos.

1980 es un año importante dentro de Landaben. Seat invierte 15.000 millones de pesetas en la fábrica y las instalaciones se amplían al otro lado de la vía del ferrocarril; un buen síntoma para la economía regional. Además, se empieza a preparar el lanzamiento de un nuevo modelo, el Seat Panda. Este modelo fue “el coche de la crisis” y se convirtió en un superventas dentro de España, lo que permitió sanear en cierta medida la situación económica de Seat.



Es en 1981, en pleno apogeo del Panda, cuando el INI compra el total de las acciones de Seat que tenía Fiat, con lo que se rompen definitivamente los lazos de unión que había habido entre las dos marcas desde la creación de Seat.

- **Era Volkswagen**

En 1982 entra en escena VOLKSWAGEN. La multinacional alemana llega a un acuerdo con el gobierno, por el cual se fabricaría en Landaben 90.000 unidades de los modelos Polo Derby y 30.000 unidades del modelo Santana en régimen CKD (montaje en España de los

componentes totalmente fabricados en Alemania). Esta nueva adaptación supuso una inversión de 10.000 millones de pesetas.

En 1983 Seat acomete una inversión de 6.500 millones de pesetas en Landaben para adaptar la factoría a la fabricación del Polo y se instalan los primeros robots. En el año siguiente se inicia la fabricación del Polo



En 1985 la planta navarra alcanza las 340 unidades por día de producción con una plantilla de 2.000 personas, pero su capacidad productiva es de 800 unidades, 400 coches por turno. Precisamente se fija como objetivo para ese año alcanzar una producción de 800 coches por día

En el año 1986 Volkswagen adquiere al INI el 51% de las acciones de Seat y a final de año la participación de la firma alemana en Seat es del 75%. Además se introduce el segundo turno de producción y, con una plantilla de 2.500 personas, se llega a producir 550 coches diarios.

En 1987 se comienza a estudiar una inversión en la planta de 100.000 millones de pesetas durante una década con el fin de duplicar la producción de vehículos y llegar a las 1.200 unidades diarias en tres turnos. La implantación del tercer turno es todavía hipotética.

En 1989 se implanta el sistema Just In Time para el envío secuenciado de asientos a la planta.

En 1990 se inician las obras de ampliación de la factoría con la explanación de los terrenos en la planta de montaje de motores y, a finales de año, Volkswagen adquiere al INI el 23'8% de las acciones de Seat que todavía no controlaba.

Por fin, en 1991 se implanta el tercer turno en Chapa y Pintura. Posteriormente se amplía al resto de talleres. Se ponen en marcha nuevas obras de construcción y ampliación de las naves de Chapistería y Estampación con vistas al 94. La plantilla supera las 4.500 personas.



En 1993 se suprime el turno de noche, debido a una caída en la producción y se inicia un expediente de regulación de empleo. Debido a estas fuertes caídas de las ventas, se constituye la Fábrica Navarra de Automóviles S.A., que gestionará la factoría de Landaben.

En mayo de 1994 Volkswagen adquiere el 100% de las acciones de Fábrica Navarra de Automóviles, convirtiéndose la factoría en una de las filiales del consorcio alemán, primer grupo automovilístico de Europa. Finalmente, tres días antes de terminar 1994, se logra producir 1.003 coches al día.

El siguiente año Volkswagen reserva 153.702 m² de su terreno con la intención de crear un parque industrial para traer a sus proveedores. De esta forma se busca un ahorro de costes e implantar de forma más extensa el sistema usado posteriormente, el Just-in-Time.

En los sucesivos años, se van creando las nuevas instalaciones, como la nave de prensas y una ampliación de chapistería. Así, en 1996, la extensión de la fábrica alcanza un total de 1.600.000 m²; de ellos, 258.000 m² corresponden a superficie cubierta.

En 1.997 se alcanzan los 1.295 coches / día y sale el motor 1.000.000 fabricado en Landaben. En el siguiente año se llegó a producir 311.136 unidades, marcando un hito en la historia de la fábrica. Posteriormente se inauguró la segunda nave de pintura, buscando ampliar la producción, hasta llegar a nuestros días.

En 1999 se estrena la nueva nave de pintura, un edificio tecnológico al ser totalmente estanco. También se inaugura el parque Polo con la presencia de SS.MM. los Reyes de España. Se trata de un espacio infantil dedicado a la educación vial que en su primer año de funcionamiento acogió a más de 10.000 niños.

En 2001 es lanzado el Polo A04 con una inversión de 240 millones de euros y en septiembre de 2004 fabricando este modelo se alcanza la cifra record de producción de cuatro millones de unidades de polo.

Ese mismo año se coloca la primera piedra de la segunda fase de la nueva nave de pintura, que supone una inversión de setenta millones de euros y garantiza el mantenimiento de la producción y cierta estabilidad.

En 2006 se celebra el cuarenta aniversario de la fabricación del primer coche en las actuales instalaciones de Volkswagen.

El 3 de marzo de 2009 es presentado el nuevo Polo A05. En Mayo comienza su producción en serie, habiendo sido producidas 979.088 unidades del modelo A04.

2.2.2. HISTORIA DEL VOLKSWAGEN POLO

El Polo lleva más de 30 años siendo una referencia en su segmento del mercado. Más de 6.500.000 de unidades producidas revelan su evolución tecnológica y el grado de desarrollo de un modelo caracterizado por confortabilidad y funcionalidad.

A01: El primer modelo Polo fue presentado al público en Hannover en marzo de 1975. Se trataba de un coche con espacio suficiente para cuatro pasajeros adultos, con un amplio portón trasero equipado con tracción delantera y alto grado de seguridad, activa y pasiva. El primer Polo incorporaba un nivel de equipamiento sencillo para conseguir un precio de venta muy ajustado, perfecto para la gente joven.



En enero de 1977 se lanzó la versión con carrocería de tres volúmenes, pensada para mercados en los que existía una gran demanda de berlinas pequeñas con maletero, como es el español.

En mayo de 1979, sólo cuatro años después de su lanzamiento comercial, se habían construido las primeras 500.000 unidades.

A02: En 1981 aparece la segunda generación y es a partir de 1984 cuando se empieza a fabricar en Landaben. En 1986 se lanzó el Polo Coupé, y unos años después, en 1986, se presentaba el Coupé G40 con una velocidad máxima de casi 200 km/h, con motor de 115 CV y un compresor G.



A03: En 1994 Volkswagen presentó un Polo con un aspecto totalmente renovado que marca una tendencia: los compactos crecen de tamaño y ofrecen más confort y seguridad para competir con coches de segmentos superiores.



A03GP: Cuando el restyling del A03 se presentó en el Salón del Automóvil de Frankfurt de 1999. Poseía un nuevo diseño de la parte frontal y la zona posterior; carrocería totalmente galvanizada y modificaciones en el interior que lo acercaban al Golf.



A04: Presentado en 2001, el incremento de sus dimensiones distingue la cuarta generación del Polo: se incrementó la longitud en 15,4 cm, la altura en 4,7 cm. y la anchura 1,8 cm con respecto al A03GP.



Del Lupo tomó la forma de los faros. Su tamaño lo acercaría nuevamente al Volkswagen Golf. La chapa utilizada estaba recubierta por una película de bonazinc, que garantizaba durante doce años la resistencia de la carrocería frente a la corrosión. Se aumento de la rigidez de su estructura en un 10%.

A04 GP: Es presentado en abril de 2005 coincidiendo con el 30 aniversario del lanzamiento del A01. Incorpora una línea más dinámica y fresca acorde con la nueva identidad de marca.

Se renueva el frontal añadiéndole una línea muy marcada desde el montante a la parrilla y renovando los faros, que ahora se definen como un elemento con forma de trapecio apoyado por la silueta circular de su faro principal. También se modifican los pilotos posteriores, que acogen los elementos circulares de la parte frontal.

La longitud se incrementa hasta los 3.916 metros de largo, manteniendo el ancho en 1,650 metros y el alto en 1,465 metros.



Las unidades producidas de ese modelo en Landaben son 979.088

A05: La quinta generación del Polo se presentó en el Salón del Automóvil de Ginebra de 2009. El nuevo compacto, que destaca en diseño, calidad, seguridad y respeto al Medio Ambiente, es alabado por prensa especializada, crítica y público.

Se comenzó a producir en la última semana de marzo de 2009, y se comenzó a vender en Europa en junio de ese año.

El bastidor es el mismo del SEAT Ibiza IV, del Škoda Fabia II y del Audi A1. Este nuevo Polo aumenta sus dimensiones, quedando ahora en 3.970 mm de longitud total, un ancho total de 1.682 mm, un a altura total de 1.485 mm, y una distancia entre ejes de 2.470 mm, independientemente de este claro aumento en sus dimensiones en relación a la generación anterior, su peso vehicular disminuye en un 7.5%.

Algunos rasgos distintivos de la silueta del nuevo Polo son el deportivo voladizo delantero, y el extremadamente corto voladizo trasero, la concisa “línea de carácter” y el bajo techo que cae marcadamente hacia atrás.



El 30 de noviembre el nuevo Polo es elegido “Coche del Año” 2010 en Europa, uno de los galardones más antiguos y prestigiosos de automoción en Europa.



2.2.3. PROCESO PRODUCTIVO

El proceso productivo de Landaben, así como el de la mayoría de fabricantes de coches, es en cadena. En estos momentos Volkswagen Navarra tiene una producción de aproximada de 1200 coches diarios. Los talleres de los que se compone la factoría de Landaben son los siguientes: Prensas, Chapistería, Pintura, Montaje Motor, Montaje Vehículo y Revisión Final.

- **Prensas**

El complejo proceso de producción de un automóvil se inicia con la estampación de las piezas de la carrocería. En un primer momento esta labor se realizaba fuera de Pamplona, hasta que Volkswagen Navarra la integró en su proceso productivo.

El primer paso para iniciar el proceso de producción de un automóvil es la estampación de las piezas de la carrocería. Esta operación se realiza en el Taller de Prensas de Volkswagen Navarra desde el año 1994, cuando comenzó la fabricación del modelo Polo A03.

Durante el 2001 la nave de Prensas se amplió con el fin de adaptar el proceso de estampación a las características del Polo A04. Así pasó de ocupar una superficie de 8.432 m² a 12.604 m². Antes de la ampliación, la producción del Taller era de 27.000 piezas/día en tres turnos. Actualmente se fabrican 34.000 piezas. A las dos prensas anteriores de 38.000 KN de fuerza de prensado cada una, se incorporó una línea de prensas de 81.000 KN que se extiende a lo largo de 53 m. y ronda las 3000 Tm de peso. Con ella se estampan piezas de gran volumen, como laterales (dos y cuatro puertas), techo (normal y abrible) y aletas (izquierda y derecha de un solo golpe). Para el A05 los cuatro revestimientos de puertas se hacen de un solo golpe. La materia prima son los desarrollos de chapas suministrados por un proveedor externo ya cortados y colocados en palets específicos que contienen entre 400 y 500 unidades.



- **Chapistería**

En el Taller de Chapistería tiene lugar la unión de las diferentes piezas de chapa procedentes de Prensas y otros proveedores externos para conformar la carrocería del coche. Este proceso tiene lugar en dos talleres, el Taller 1 y el Taller 1B. El primero se dedica a la construcción de la carrocería sin elementos móviles y consta a su vez de dos fábricas con una capacidad de producción de 775 carrocerías diarias cada una.

Al final del taller 1 de Chapistería se ensamblan en dos líneas continuas los distintos elementos móviles que se colocan en la carrocería. Ésta fue una de las grandes optimizaciones llevadas a cabo durante el lanzamiento del nuevo Polo. Las instalaciones de elementos móviles, que se encontraban a lo largo de todo el Taller 1B, se montan ahora en una línea continua, consiguiendo, de esta manera, una optimización de espacios y desplazamientos.

La actividad llevada a cabo en Chapistería se caracteriza por su alto grado de automatización, entorno al 95%: 439 robots (Taller 1) y 95 (Taller 1B) se encargan de manipular, soldar y aplicar masillas. A las soldaduras por resistencia, MIG, láser y remachado ya existentes para el modelo A03, se añadieron nuevos tipos de uniones de chapa con el A04: láser con aportación de material y clinchen.

- **Pintura**

El proceso de pintado, uno de los más complejos y delicados en la producción de un automóvil, se divide fundamentalmente en dos fases.

En la primera fase, Taller2, la carrocería recibe tratamientos que la protegen y hacen resistente a las agresiones externas, con los que se facilita, además, la adherencia posterior de la pintura.

En la segunda fase, Talleres 2A y 2B, se aplican masillas de sellado, el PVC, el color y por último la cera de protección de huecos. Antes de ser pintadas, las carrocerías son ordenadas según el color, lo cual facilita el pintado de un mayor número de unidades seguidas del mismo color. De este modo se consigue una mayor calidad y un ahorro en el consumo de disolvente, ya que cada vez que hay un cambio de color es necesario emplearlo para lavar las pistolas y las máquinas.



A lo largo del recorrido por la nave de pintura, la carrocería cambia dos veces de sistema de transporte. La nueva nave introduce avanzadas tecnologías en ergonomía de puestos de trabajo. En un primer momento pasa del patín a un carro volteador. Gracias a este carro, la carrocería efectúa movimientos de rotación que permiten al trabajador desempeñar diversas operaciones con posturas que no requieren esfuerzos. Posteriormente la carrocería vuelve a colocarse sobre el patín.

- **Taller de motores**

La nave de motores se estructura fundamentalmente en tres áreas: la Línea de Montaje Motor y los Bancos de Rodaje, la zona de Montaje del Conjunto Motopropulsor y por último, las dos líneas de Guarnecido de Puertas.

La función del taller es suministrar el macro conjunto mecánico del vehículo de acuerdo a la secuencia de fabricación a su cliente, el taller de Montaje, donde se unirá a la carrocería en la línea Fahrwerk. El macro conjunto se compone del motor y caja de cambios, instalación eléctrica, subconjunto de dirección y subconjunto de suspensión delantera. En este proceso no interviene la carrocería.

La Línea de Montaje Motor tiene una longitud de 160 m. y su capacidad de producción es de 1.650 motores diarios repartidos en tres turnos.

Tras su paso por las diferentes estaciones y puestos de trabajo, el motor queda completo y se carga en una electrovía aérea. Un operario marca el destino del motor hacia los bancos de prueba o al almacén secuenciador. Cabe también la posibilidad de auditarlo en los bancos de potencia. Entre el primer y segundo área existe un almacén secuenciador cuya función es gestionar los lotes de motores producidos y suministrarlos secuenciados, de acuerdo con la orden de fabricación de carrocería correspondiente. Posibilita el paso de producción por lotes a producción secuenciada. La salida del motor del almacén es automática, según la secuencia requerida y de acuerdo al sistema FIFO, (el primero en entrar en el almacén es el primero en salir). La capacidad de este almacén es de 375 unidades. Posteriormente se añaden elementos como la caja de cambios, el motor de arranque, etc.



Una vez completo, el macroconjunto mecánico es conducido a la zona de unión con el puente trasero y la carrocería (línea del Fahrwerk) del taller de Montaje, pasando por el túnel que une ambas naves.

A la entrada de la carrocería en Montaje, las puertas son desmontadas y enviadas al área de Guarnecido de Puertas. Aquí se completan y se devuelven posteriormente a Montaje, donde se ensamblan definitivamente en el vehículo. Existen dos líneas, con una capacidad de 1.250 y 420 conjuntos.

- **Taller de montaje**

En el Taller de Montaje se completa el vehículo, añadiendo a la carrocería ya pintada los componentes exteriores e interiores elegidos por el cliente. Su construcción se inició en 1979. Esta nave tiene una superficie total de 36.125 m² y se trata del taller con mayor número de trabajadores, quienes utilizando una moderna tecnología, son imprescindibles para obtener un producto de calidad dentro de un marco de protección medioambiental y prevención de riesgos laborales.

El proceso comienza cuando la carrocería, que sale secuenciada del almacén del Taller de Pintura, llega al punto de lanzamiento. A partir de este momento incorpora un cartelino donde se especifican las características del vehículo, según la composición requerida por el cliente. Basándose en él, todos los grupos de montaje comienzan a trabajar para el coche reconocido. El montaje se estructura en cuatro tramos paralelos, por los que el vehículo se traslada suspendido en un pulpo tradicional que discurre a lo largo de una cadena mecánica. Cuando llega al tramo cuatro, y una vez colocadas las ruedas, la carrocería abandona este sistema para ser trasladada por suelo. En las líneas de montaje se utilizan muebles específicos para suministros Justo a Tiempo (JIT). En cada tramo se adapta la altimetría de la línea a cada nuevo proceso de trabajo y así se obtiene una mejora considerable de la postura.

La labor de este taller es completar totalmente el vehículo, añadiendo a la carrocería ya pintada los restantes componentes, tanto exteriores como interiores, que el cliente ha elegido en su pedido. El montaje se lleva a cabo en dos líneas independientes. La capacidad

del taller es de 1.550 coches diarios en tres turnos. Se trata del taller con mayor número de operarios.

El proceso se afronta desde un nuevo punto de vista que lo diferencia del sistema tradicional: el montaje de macroconjuntos (motopropulsor, puertas, frontal) fielmente secuenciados según el paso de la carrocería por cada estación. También se procede al llenado de líquidos: carburante, refrigerante, líquido de frenos...

La cadena de montaje se divide en cuatro tramos paralelos. El proceso comienza cuando la carrocería, que sale secuenciada del almacén del taller de pintura, pasa por el punto de lanzamiento, momento a partir del cual todos los grupos de montaje y proveedores que suministran las piezas secuenciadas comienzan a trabajar para el coche reconocido. A partir de este punto, la carrocería incorpora un cartel en el que se especifican las características de ese vehículo según la composición requerida por el cliente.

- **Taller de revisión final**

El último taller del proceso productivo complementa la labor del taller de Montaje realizando la comprobación y los ajustes necesarios para que el coche reciba el visto bueno.

Cada uno de los vehículos fabricados en Volkswagen Navarra pasa por este taller antes de su entrega al cliente para comprobar y verificar el correcto funcionamiento de sus elementos eléctricos y mecánicos.

Este taller tiene capacidad para probar 1.550 coches diarios en tres turnos, y la nave está dividida en dos zonas de trabajo por las que pasa la totalidad de vehículos. En la primera se hacen diferentes pruebas y ajustes de los componentes del vehículo, y en la segunda se lleva a cabo el retoque de las posibles anomalías detectadas.

Las pruebas que se realizan a los coches son de convergencia de faros y ruedas, calentamiento, rodillos (prueba de rodaje y parámetros dinámicos del vehículo), LEP (control de variables del motor), prueba de pista y prueba de lluvia. Finalmente se lleva el coche a la línea de Revisión Final, donde se realiza un examen global, y a continuación, se le da una capa de cera que lo protegerá durante el transporte y la estancia en las campas de distribución.



3. ASPECTOS TEÓRICOS

3.1. PRINCIPIOS TEORICOS DE LA SOLDADURA POR RESISTENCIA

3.1.1. INTRODUCCION Y DEFINICIONES

Este proyecto está basado en la verificación de los puntos ocultos de soldadura por resistencia presentes en la carrocería del Polo. Estos puntos son elaborados por pinzas de soldadura que utilizan la técnica de soldadura por resistencia. Se definen unos principios básicos de soldadura por resistencia tales como qué es la soldadura por resistencia, cuáles son sus parámetros y la técnica que se utiliza, siendo la soldadura por puntos un caso particular de la soldadura por resistencia.

Se van a exponer a continuación unas definiciones, partiendo de conceptos más genéricos como la soldadura de metales hasta llegar a la soldadura de puntos donde se explicará su proceso.

Soldadura de los metales: El concepto de “soldadura metálica” es una unión de materiales metálicos empleando calor, presión o ambas cosas a la vez. Generalmente son procedimientos de soldadura por fusión, en los cuales, el proceso de soldadura va avanzando por la aplicación de calor, a través de un flujo de fusión localmente limitado.

Soldadura por resistencia: son aquellos procesos de soldadura en los que el calor se obtiene por la resistencia al paso de corriente entre las piezas a soldar. Este calor obtenido por la resistencia se expresa matemáticamente como el Efecto Joule.

$$\text{LEY DE JOULE : } J = I^2 R t$$

J: Cantidad de energía eléctrica transformada en calor (Calor obtenido)

I: Intensidad de corriente que circula a través del material

R: Resistencia al paso de corriente, desde el contacto de un electrodo al otro

T: Tiempo



De todo lo expuesto, se aprecia que los factores más importantes a considerar en una soldadura serán:

- Los metales a soldar, características y dimensiones
- Intensidad de la corriente de soldadura
- Tiempo de soldadura
- Esfuerzo de compresión aplicado sobre el punto de soldadura por los electrodos

Existen distintos procesos de soldadura dependiendo del sistema usado para la concentración del término energía, se pueden clasificar en 4 grupos:

- Soldadura a puntos
- Soldadura a proyección (protuberancias)
- Soldadura a roldanas
- Soldadura a tope (resistencia chisporroteo).

3.1.2. TEORIA DE LA SOLDADURA POR PUNTOS

Sean dos chapas superpuestas colocadas entre dos electrodos conectados eléctricamente al secundario de un Transformador, estos electrodos están realizando un esfuerzo de compresión a las dos chapas.

Se encuentran dos resistencias óhmicas a paso de corriente, una pequeña dentro de la chapa y otra mayor en la zona de contacto de ambas chapas.

Sobre la existencia de esta resistencia óhmica elevada, concentrada en la zona de contacto entre las dos piezas, está basada la soldadura por puntos.

La energía eléctrica se transforma en energía calorífica. El calor se propaga por conducción a piezas y electrodos y por radiación al ambiente, pudiéndose dar dos casos:

- La temperatura de la unión no se eleva lo suficiente y no alcanza la de soldadura
- La temperatura se eleva sobre todo en la unión y se llega a la fusión

Dos principios fundamentales son, pues, la base del procedimiento de soldadura por puntos, la existencia de una resistencia óhmica de contacto elevada en la unión de dos



piezas metálicas, que da lugar a un desarrollo intenso de calor por efecto Joule y el procedimiento de calentamiento por efecto Joule, que debe de ser rápido, dinámico.

Para obtener un punto de soldadura se deben determinar unos parámetros con anterioridad tales como:

- Intensidad de la corriente eléctrica
- Esfuerzo de compresión de los electrodos
- Dimensión de los electrodos (\varnothing de las puntas de electrodo)
- Tiempo de acercamiento o asentamiento
- Tiempo de mantenimiento de la presión

Estos valores dependen a su vez:

- de la naturaleza de los materiales a soldar
- de las características mecánicas
- de las características eléctricas
- de la conductibilidad térmica
- del calor específico y latente de fusión
- de la composición química y estado metalúrgico
- de los espesores a soldar, de su forma
- de su estado superficial
- de la clase de punto de soldadura deseado
- del aspecto exterior que se requiera

Una superficie metálica jamás es plana, sino rugosa. Esta rugosidad superficial influye en las propiedades eléctricas y mecánicas del contacto de dos superficies metálicas.

Durante el paso de la corriente se produce una reducción artificial de la sección de paso.

La resistencia de contacto de dos piezas metálicas, una sobre otra depende:

- De la naturaleza de los metales y sus características (dureza, resistencia mecánica, conductividad).
- Del estado de la superficie de los metales, caracterizado por un acabado de mecanización o por un acabado superficial debido a laminación, por oclusión de gases, óxidos, impurezas...

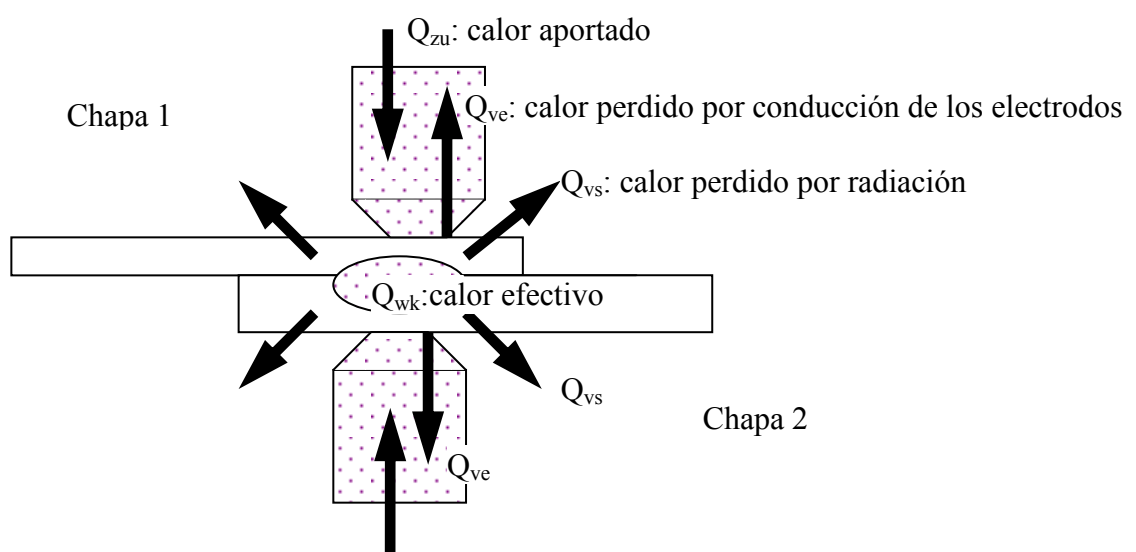
- De la presión a la que estén sometidas las superficies de contacto y del modo de aplicación de esta presión.
- De la temperatura de los metales en la zona de contacto.

El calor necesario para la soldadura es generado por efecto Joule en las mismas piezas.

Las fases son las siguientes:

1. Las piezas a soldar se colocan una sobre otra
2. Los electrodos aprietan ambas piezas, las cuales quedan sometidas a cierta presión
3. Los electrodos están conectados a los bornes del secundario del transformador, el cual suministra la corriente eléctrica, de elevada intensidad y baja tensión
4. Se produce el paso de corriente durante un tiempo determinado
5. Se produce un desprendimiento de calor en cada parte del circuito, proporcional a la resistencia óhmica
6. Un núcleo de sección más o menos elíptica entra en fusión
7. Se interrumpe la corriente, pero se sigue aplicando esfuerzo de compresión
8. El núcleo fundido, punto de soldadura, se solidifica bajo presión

A continuación se muestra un balance calorífico de un punto de soldadura:



$$Q_{wk} = Q_{zu} \text{ (calor aportado)} - Q_v \text{ (cantidad de calor perdido)}$$

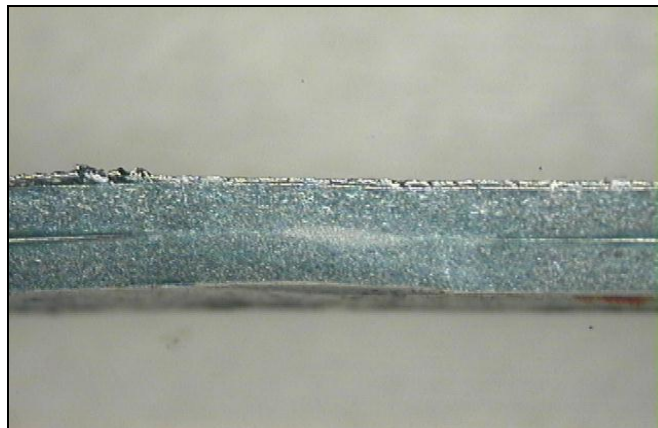
El calor aportado es igual: $Q = cte \times R \times I^2 \times t$

Donde la resistencia de contacto R depende de la presión ejercida por los electrodos sobre las chapas, así como del tipo de chapa, acabado superficial, etc..., la I se programa en el control de soldadura así como el tiempo. R en microhmios, I en KA, t en períodos (un periodo equivale a 20 ms), F en KN.

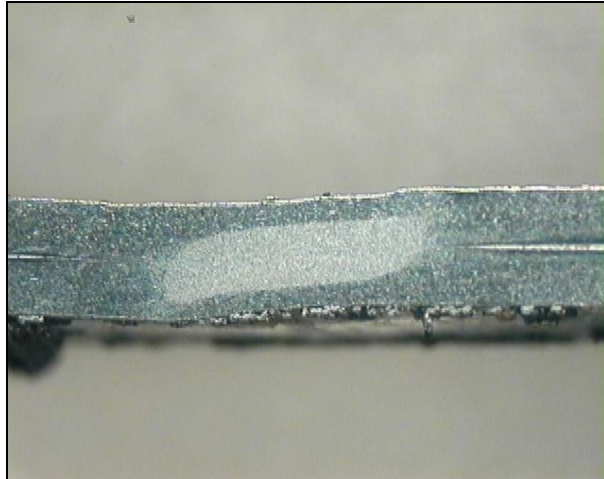
3.1.3. PROCESO DE FORMACIÓN DEL PUNTO DE SOLDADURA

Se podrían definir cuatro etapas:

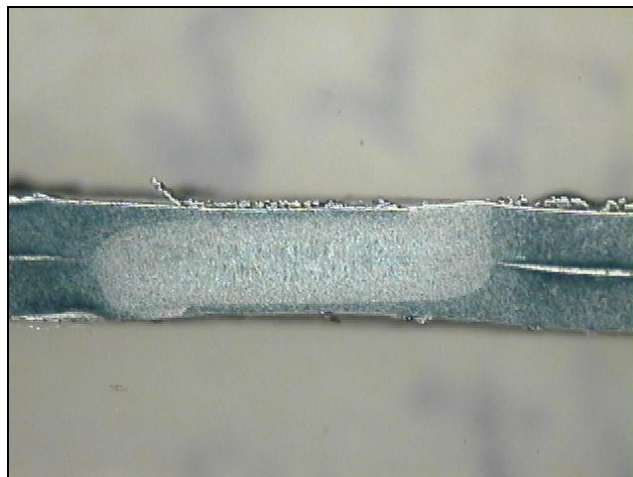
Con un tiempo t_1 , muy corto, se produce el calentamiento en una zona estrecha confinada en la unión de las chapas.



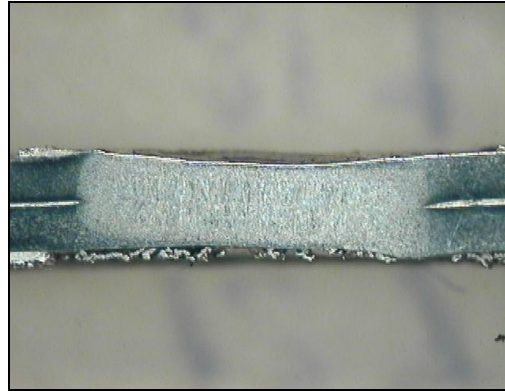
Con un tiempo t_2 , superior a t_1 , la zona de calentamiento se ha extendido simétricamente a una y otra parte del plano de unión de las chapas. El calentamiento ha sido más intenso y el volumen calentado más grande.



Con un tiempo t_3 superior a t_2 , ha sido suficiente para llevar a fusión un pequeño núcleo de metal, de sección elíptica, situado simétricamente a una y otra parte de la unión de las chapas.



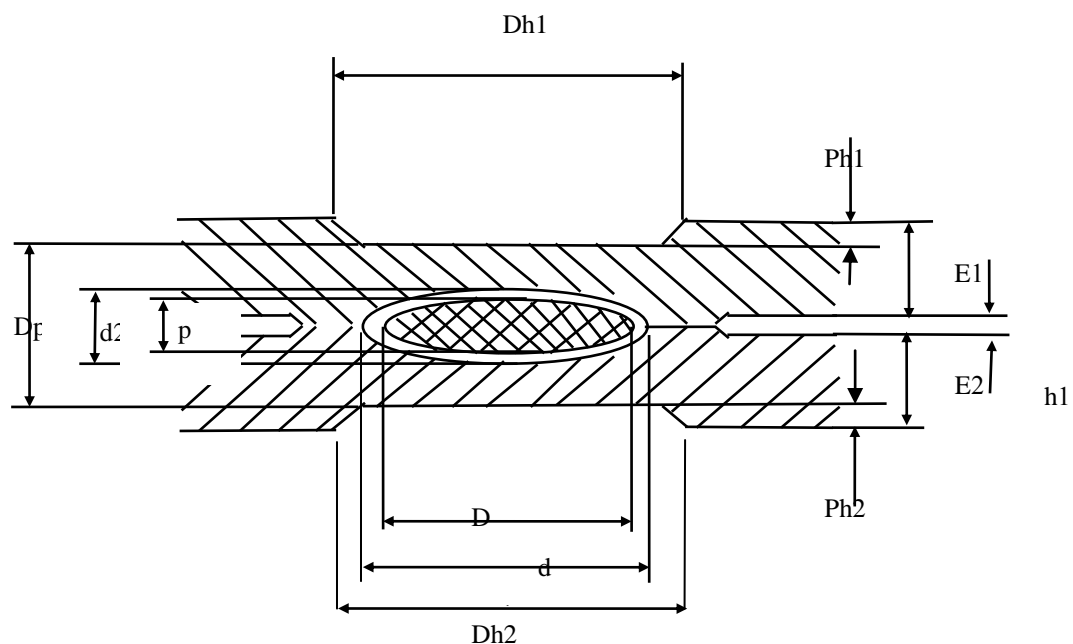
Con un tiempo t_4 superior a t_3 , el volumen de metal llevado a la temperatura de fusión ha aumentado considerablemente y un punto de soldadura normal une las dos chapas.



3.1.4. GEOMETRIA DEL PUNTO DE SOLDADURA

La inspección macrográfica del punto de soldadura obliga a definir una serie de factores geométricos del punto para su posterior evaluación y comparación.

Mediante el examen macrográfico de un punto de soldadura podemos advertir los siguientes factores geométricos:





- D: Diámetro del núcleo fundido
- p: Penetración de la zona de fusión
- d1: Diámetro zona de adherencia(zona afectada térmicamente)
- d2: Altura zona de adherencia
- Ph1 y Ph2: Profundidades de las huellas de soldadura
- Dh1 y Dh2: Diámetros de las huellas de soldadura
- Dp: Altura de la zona deformada
- h1 y h2: holgura entre las chapas
- E1 y E2: Espesores de las chapas

La medida del diámetro de la lenteja de soldadura es una medida representativa de la cantidad de material que ha entrado en fusión. Como diámetro del punto se aplica el diámetro de la zona de separación (vertical al plano de la unión) de las piezas a elaborar, que durante el proceso de soldadura fue fundido y resalta del material base por su estructura cristalina distinta.

La norma interna de VW PV 6702 (ver anexo normas) exige que para chapas zincadas este diámetro mínimo debe de cumplir:

$$dp_{min} \geq 1.15 \times 3.5\sqrt{t}$$

Siendo dp min. el diámetro mínimo del punto de soldadura y t espesor mínimo de ambas chapas.

El diámetro de la unión soldada es el principal factor geométrico de la soldadura pues da una idea bastante exacta de la efectividad de la operación de soldadura.

La importancia del diámetro del núcleo fundido se pone de manifiesto en la clasificación de la defectología del punto de soldadura ya que esta clasificación se realiza en base a dicho diámetro como se ve posteriormente.

La profundidad de penetración del núcleo fundido es también un aspecto geométrico fundamental al evaluar la aptitud de la soldadura. Representa el tanto por ciento en mm de la ocupación del núcleo fundido a lo largo del eje vertical de la soldadura, es decir, se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Profundidad de penetración en \%} = \frac{P}{Dp} \times 100$$



Donde P es la altura del núcleo fundido y D_p es la altura total de la zona soldada

Según normativa interna este valor no debe de ser inferior al 40% ni superior al 60%.

El diámetro d_1 y la altura d_2 se refieren a la geometría de la zona afectada térmicamente. Esta zona sufre un cambio en la estructura cristalina, generalmente disminución del tamaño de grano, debida principalmente al tratamiento térmico al que se ve sometida. Este tratamiento térmico es producido por el calor evacuado de la zona de fusión.

La profundidad de penetración de los electrodos delimita dos aspectos geométricos de la soldadura como son el diámetro de la huella de soldadura y la profundidad de penetración del electrodo. Ambos aumentarán con la penetración del electrodo en las chapas a soldar.

Este fenómeno es producido por la generación de un calor excesivo en la zona de contacto de los electrodos con las chapas combinado con la fuerza programada en las puntas de los electrodos. A mayor calor generado en esta zona mayor deformación de las chapas y lo mismo pasará si se aumenta la fuerza en puntas.

Mediante la norma VW 011 05-1 se delimita esta valor entre el 10% y el 20% de la chapa individualmente correspondiente a dicha huella.

El aspecto visual de la huella de soldadura es muy importante como se ve reflejado en la norma de soldadura PV 6702 en cuanto a la calidad del punto se refiera ya que indica que un punto de calidad es aquel que está libre de salpicaduras, rebabas, adherencias de cobre, y cráteres profundos. La huella de soldadura de los electrodos ha de ser limpia, uniforme y no inclinada.

3.1.5. ESTRUCTURA MACROGRÁFICA DE UN PUNTO DE SOLDADURA

El paso de una corriente eléctrica da lugar a un calentamiento en la zona de contacto, produciendo la fusión de un núcleo metálico.

La dilatación producida tiende a expulsar parte del metal líquido del crisol o entorno metálico sólido que le rodea, produciéndose fuertes proyecciones de metal incandescente. Este efecto puede ser reducido gracias al esfuerzo de compresión.

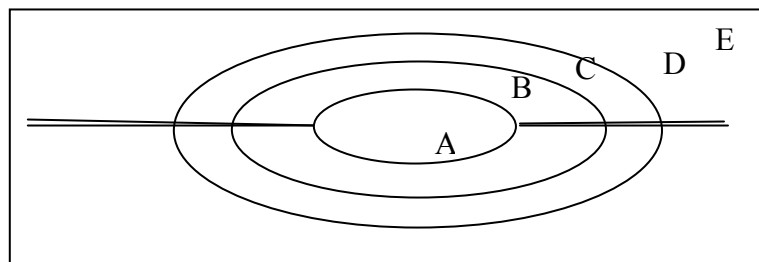
Si es demasiado débil, el metal se escapa en forma de proyecciones, pudiendo crear poros, alterando la calidad del punto.

Las proyecciones deben de ser eliminadas o al menos reducidas al máximo (modificando fuerza o corriente).

Cuando el aporte de energía cesa, la distribución de temperatura en las zonas próximas al núcleo, pueden esquematizarse según el diagrama siguiente:

Desde el interior del núcleo a la periferia, la escala térmica se extiende desde la temperatura de fusión (zona A) a la temperatura ambiente (zona E), siendo el gradiente de temperatura muy elevado.

- Zona A Núcleo fundido a la temperatura de fusión
- Zona B Material en estado plástico
- Zona C Próximo a la temperatura crítica
- Zona D Temperatura menor de la crítica
- Zona E Temperatura ambiente





En el momento que cesa la corriente eléctrica comienza la segunda fase de este proceso metalúrgico, la solidificación del punto de soldadura.

La zona de soldadura es la última que solidifica y en ella se forma una estructura de granos muy dispersa y con una orientación aleatoria.

En la zona de fusión se forman granos columnares orientados hacia el centro de la elipse o lenteja de soldadura, es decir, en dirección perpendicular al flujo de calor.

En la zona afectada térmicamente se produce un afinamiento del grano.

La zona del metal base está compuesta de una estructura ferrítica con los granos orientados en el sentido de la laminación en frío a la que había sido sometida la chapa en el proceso de conformado.

El equipo ultrasónico se basa en estos cambios de microestructura tanto en la zona de fusión como en la zona de soldadura para determinar el estado del punto. Este procedimiento se basa en el diferente nivel de atenuación de energía de las ondas del sonido que presentan la estructura dendrítica y la de grano fino.

La chapa embutida que se utiliza en la construcción de carrocerías tiene el grano orientado en el sentido de laminación. Presenta una estructura que se denomina “Pancake”, que consta de ferrita y cementita globular. Esta estructura de grano muy fino, opone muy poca resistencia a la energía del sonido.

Cuando la soldadura puntual es buena, en la zona de la lenteja (zona de fusión + zona de soldadura) encontramos una estructura fundida dendrítica muy basta. Esta soldadura tiene un efecto altamente atenuante sobre el impulso del sonido, es decir, el sonido es absorbido rápidamente.

En una unión meramente pegada o fría no hay lenteja, dado que el calor desarrollado no ha sido suficiente para fundir el material, sólo ha ocasionado una “incandescencia normal” (refinamiento de grano) y no ha habido cambio considerable de microestructura. La atenuación en este caso es comparativamente tan baja como en el resto del material que no ha sido afectado por el calor.



3.2. TIPOS DE PUNTOS DE SOLDADURA

3.2.1. INTRODUCCION

Las variables que influyen en el proceso de soldadura por resistencia pueden provocar diferentes defectos en los puntos de soldadura. Estos defectos originan los tipos de puntos de soldadura y se pueden clasificar en dos grupos:

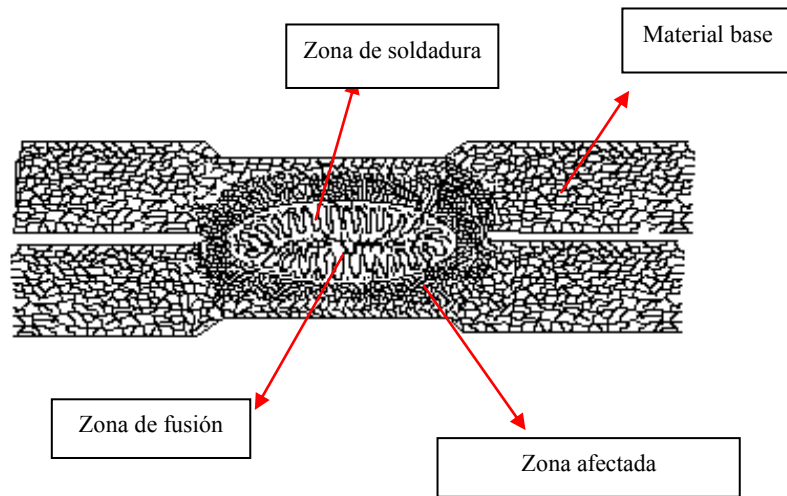
Defectos que atañen a la superficie de las chapas tras la soldadura:

Son aquellos relativos a la huella de soldadura. Este tipo de defectos se comprueban exclusivamente por inspección visual. Los defectos provocados en la huella de soldadura que atañen al aspecto visual son provocados principalmente por defectos de la propia instalación de soldadura. En el caso de los puntos quemados u oscurecidos también el problema puede venir derivado de una mala optimización de los parámetros de soldadura. Estos defectos superficiales son los que provocan el pinchazo de la membrana del transductor o palpador. También pueden hacer que las señales ultrasónicas tomadas con el equipo no sean aptas para el análisis debido bien a reflexiones en las superficies irregulares, o a la imposibilidad de encontrar una posición ortogonal.

Defectos que atañen a la geometría de la lenteja de soldadura o núcleo fundido:

Las causas que influyen en la geometría de la lenteja de soldadura proceden del efecto combinado de problemas relativos a la instalación de soldadura, tales como electrodos en mal estado o pinzas de soldadura con los ejes desalineados y a problemas relativos a una incorrecta optimización de los parámetros de soldadura. Son los defectos que el equipo ultrasónico evalúa cuando una señal correcta es capturada.

La textura dentro de la lenteja de soldadura adquiere una estructura de grano similar a la fundición, en forma de dendritas o cristales altos. Dicha textura ostenta una estructura de grano claramente más basta en comparación con la textura circundante de grano fino del material básico laminado de las chapas



3.2.2. PROPAGACIÓN DEL ULTRASONIDO

Las ondas ultrasónicas, si inciden perpendicularmente a la lenteja, se reflejan en la dirección de origen y producen la altura máxima posible en pantalla. Si corresponde a un punto de soldadura bueno, significa que se esperan reflexiones de la cara opuesta de las chapas soldadas, es decir, del espesor total de las chapas, si el diámetro de lenteja es suficientemente grande. La secuencia de ecos que se forma en este rebote continuo hasta la dispersión total del ultrasonido se denomina secuencia de ecos de fondo o secuencia de ecos de pared posterior.

Las ondas ultrasónicas se reflejan en zonas de transición, en las cuales hay un cambio brusco de la impedancia acústica Z en nuestro caso de los materiales unidos y el aire. Es importante saber que no se producen reflexiones en la transición entre el material base y el material soldado, ya que la diferencia de impedancia acústica Z entre ellos suele ser menor de 0,1%. Por el contrario, la diferencia de impedancia en superficies límite acero-aire es de más del 99,9%.



En la zona de la lenteja de soldadura y debido a la textura más basta, los ultrasonidos son atenuados claramente más que en el material básico circundante de grano fino. Dicha atenuación más fuerte de los impulsos ultrasónicos depende naturalmente también de las dimensiones de la lenteja de soldadura (diámetro, espesor) y suministra con ello un criterio para la valoración de la calidad del punto soldado. Por ello, para cada espesor de chapa están fijados determinados diámetros mínimos. En el control destructivo mediante el método del cincel-martillo, la lenteja de soldadura se desabotona y a continuación puede averiguarse el diámetro de la lenteja con ayuda de una regla graduada o un calibre digital.

Junto al diámetro de la lenteja de soldadura también su espesor, es decir la extensión en el sentido perpendicular al diámetro, es crucial para la calidad del punto soldado.

En el caso de una soldadura pegada, existe una lenteja de soldadura extremadamente delgada, cuya consistencia es excesivamente ínfima. Consecuentemente la zona de la textura más basta será mucho menor, lo cual lleva en este caso a una atenuación notablemente más baja de los impulsos ultrasónicos debido al pegado.

Para poder determinar la extensión de la lenteja (diámetro, espesor) mediante ultrasonidos, se tienen que cumplir ciertas condiciones en cuanto al haz de sonido empleado. El haz tiene que estar orientado perpendicularmente a las superficies de la lenteja, y debe traspasarla de forma simétrica a la línea central. Hay que tener en cuenta que la lenteja no se encuentra siempre paralela a la superficie de la chapa, ya que los electrodos no están orientados siempre perpendicularmente a las chapas durante el proceso de soldado. El espesor del haz debería ser al menos igual al espesor mínimo de lenteja que marque Volkswagen Navarra para cada caso.

3.2.3. TIPOS DE PUNTOS DE SOLDADURA

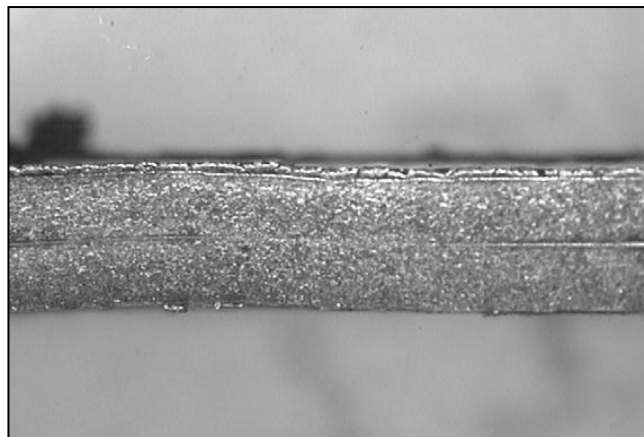
Los diferentes tipos de puntos de soldadura son: punto suelto, punto pegado, punto de lenteja pequeña, punto bueno, punto fino y por último punto quemado.

- **Punto suelto sin cambio de microestructura**

En este tipo de puntos no hay ningún cambio de estructura ya que el nivel de energía transmitida es muy bajo y por lo tanto no existe apenas generación de calor.

El punto de soldadura va completamente suelto y posiblemente la cantidad de calor producida sólo ha hecho evaporar los recubrimientos de cinc de ambas chapas.

En cuanto a la huella de soldadura se observa que es prácticamente nula y sólo existe una pequeña deformación debida al impacto de los electrodos con las chapas y no una deformación causada por el efecto combinado de la fuerza y el reblandecimiento del material durante la soldadura.

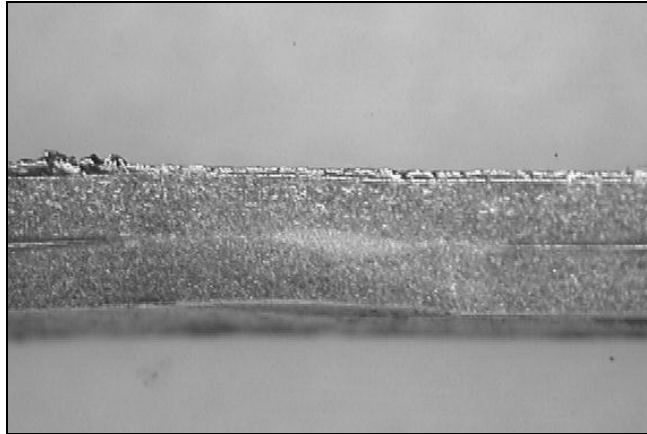


- **Punto suelto con cambio de microestructura**

En este tipo de punto se observa que el calor generado en la zona de contacto de las chapas ha sido capaz al menos de calentar una pequeña zona simétrica a ambos lados de las chapas hasta el punto de hacer cambiar su estructura (zona de grano más fina)

El cambio de estructura se produce en una zona muy reducida en la que además no existe material fundido por lo que ambas chapas quedan solamente solapadas y no unidas.

En cuanto a la huella de soldadura se observa un ligero aumento con respecto a la anterior probeta producida también por una mayor generación de calor.

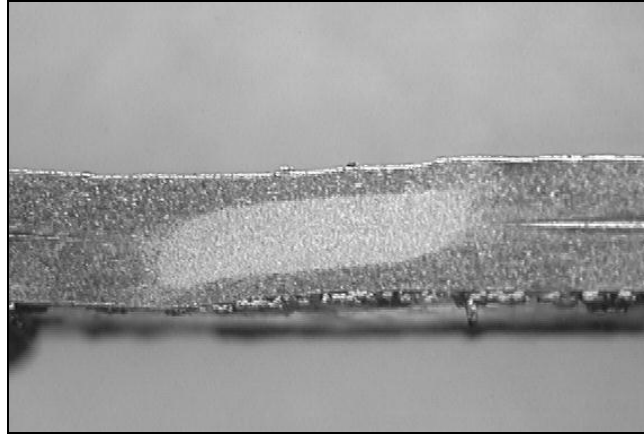


- **Punto pegado**

En este tipo de punto se observa que la zona calentada alcanza un diámetro bastante superior a las anteriores probetas. Se observa además que dicha zona de cambio estructural es completamente simétrica respecto al flujo de la corriente que en este caso parte en diagonal de la derecha (chapa superior) a la izquierda (chapa inferior) probablemente justificado por una desviación en el pisado de los electrodos.

La generación de calor no es suficiente para llevar el material a la fusión por lo que nuevamente las chapas quedan solapadas y no unidas.

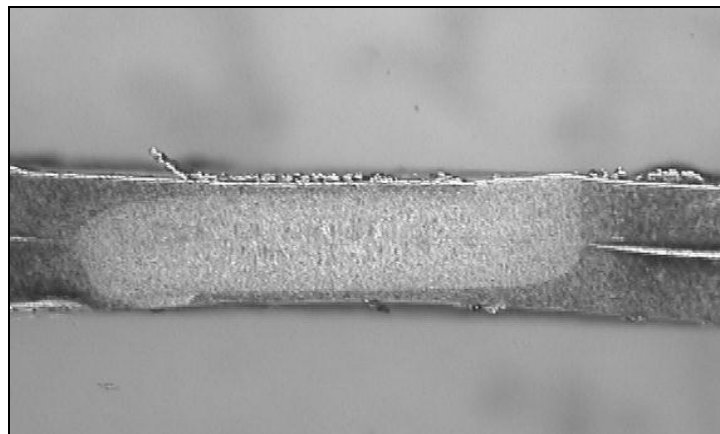
La huella de soldadura es muy baja y como en anteriores probetas sólo está producida por el efecto mecánico del electrodo.



- **Punto de diámetro pequeño**

En este tipo de punto se observa que la zona afectada térmicamente (zona afinada de grano) es muy superior al anterior punto tanto en diámetro como en altura, hasta el punto de cubrir todo el espesor de las chapas después de la soldadura.

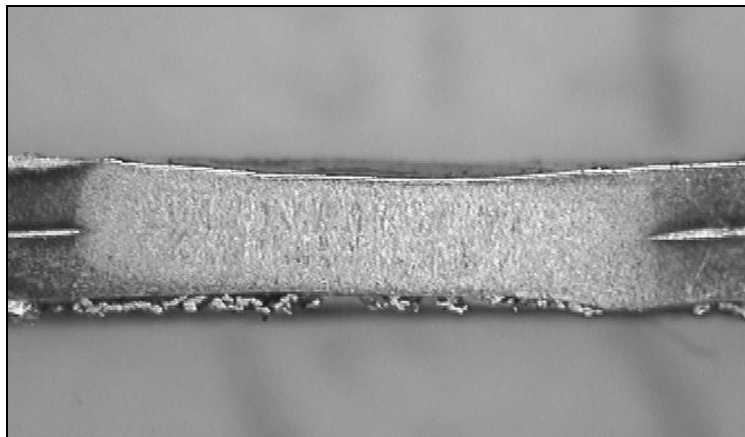
La zona central de la soldadura ha llegado a alcanzar la temperatura de fusión formándose la denominada lenteja de soldadura por lo que al menos en esa zona quedan totalmente unidas las chapas no sucediendo lo mismo en la restante zona afectada térmicamente. La zona de fusión o lenteja de soldadura es de reducidas dimensiones. En cuanto a la deformación de la huella se ven perfectamente las concavidades los electrodos.



- **Punto bueno**

En este tipo de puntos se observa un aumento de todas las dimensiones del punto de soldadura correspondiéndose con el sucesivo aumento de temperatura al que ha sido sometido. La zona de fusión o lenteja de soldadura casi llega a abarcar todo lo ancho de la unión (zona limitada por los electrodos). Además en esta zona se ve como los granos formados en la solidificación adquieren una orientación perpendicular a la concentricidad de la lenteja de soldadura, en forma de dendritas. Esta estructura es mucho más compacta que la de grano fino y atenúa mucho más el sonido.

La huella de soldadura se hace en este caso más notable que en los anteriores debido al reblandecimiento de los materiales al alcanzar temperaturas superiores.

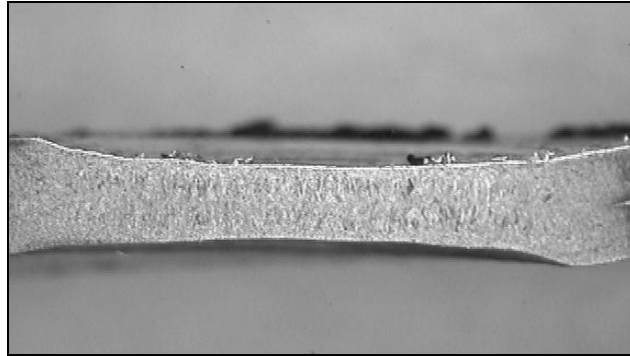


- **Punto aplastado**

En este tipo de punto se observa la continua deformación no sólo del punto de soldadura sino de la propia chapa.

La reducción del espesor del punto producido por el efecto de la penetración de los electrodos combinado con la expulsión del material a ambos lados de la unión es en este

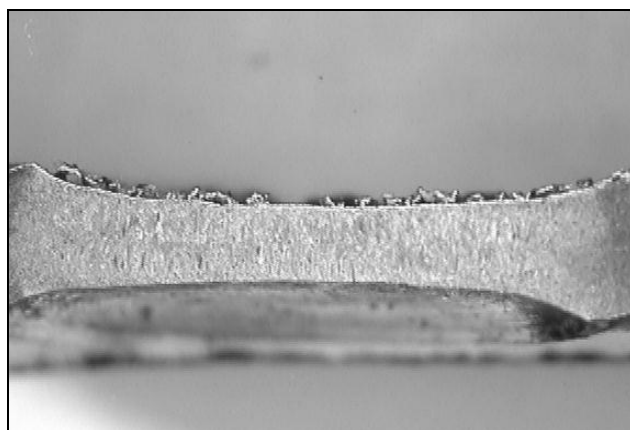
caso aproximadamente equivalente al espesor de una de las chapas y excede en este caso de las especificaciones de Volkswagen para los puntos de soldadura.



- **Punto quemado**

En este tipo de punto observa un exagerado cráter producido por la penetración del electrodo inferior en la pieza. Nótese también que las separaciones de las chapas a ambos lados de la soldadura no se ven debido a la expulsión de material.

En este caso, prácticamente todo el punto posee la microestructura de la figura, en forma de cristales altos o dendritas orientadas en la dirección del flujo de la corriente, estructura basta y en la cual el haz ultrasónico pierde energía con mucha rapidez.





3.3. PRINCIPIOS ULTRASÓNICOS

3.3.1. INTRODUCCION

La acústica, la ciencia del sonido, describe el fenómeno de las vibraciones mecánicas y su propagación en materiales sólidos, líquidos o gaseosos. En un espacio vacío el sonido no es posible ya que no existen partículas de materias que puedan vibrar. En el aire, por ejemplo, una onda sonora desplaza un volumen discreto de aire hacia delante y hacia detrás alrededor de su posición neutra o posición de descanso. Si estos movimientos mecánicos en la materia, repetidos de forma periódica y durante un cierto tiempo, se clasifican según su número de ciclos por segundo, es decir su frecuencia f , se puede definir una escala en la cual el oído humano pueda servir como detector. El sonido es audible si llega al oído a través del aire o a través del cuerpo. Esto requiere que la frecuencia no sea ni demasiado baja ni demasiado alta. El sonido inferior aproximadamente a los 16 Hz es decir 16 ciclos por segundo y superior aproximadamente a 16-20 kHz no es audible al oído humano.

Las numerosas aplicaciones técnicas de las ondas sonoras y ultrasónicas se pueden dividir en dos grupos: El sonido se puede utilizar para actuar físicamente sobre un material dado, o para explorar su condición física.

En el primer caso la energía de la onda sonora se utiliza, por ejemplo, para separar las partículas de suciedad de los tejidos durante el lavado, para separar cuerpos extraños de una superficie durante la limpieza, etc.

En otros casos la energía de las ondas sonoras se utiliza hasta el límite que se requiera para transmitir una señal lo suficientemente clara, por ejemplo en sistemas, de dirección pública, para localizar barcos en el mar, para sondear las profundidades del océano, para localizar bancos de peces y para comprobar la condición de los materiales, por ejemplo para detectar la presencia de defectos, para medir su espesor y para determinar sus propiedades elásticas y metalúrgicas. En estos casos la onda sonora es la que transporta la información y normalmente tenemos que transmitir una onda ultrasónica en la pieza y recibir una onda de retorno para analizar la información que lleva.

3.3.2. FRECUENCIA, VELOCIDAD DEL SONIDO Y LONGITUD DE ONDA

Los ensayos ultrasónicos de los materiales utilizan ondas mecánicas. Cualquier onda mecánica está compuesta por oscilaciones de pequeñas partículas de material. Por ejemplo, el viaje del sonido desde una membrana osciladora como puede ser un altavoz, que actúa como transmisor de sonido hasta nuestro oído receptor del sonido, se produce al excitarse las partículas de aire circundantes del altavoz. Esta excitación provoca oscilaciones debido a fluctuaciones de presión. Ya que las partículas de aire no están conectadas rígidamente entre sí sino elásticamente, podemos utilizar bolas conectadas con muelles como modelo.

Para comprender lo que sucede echemos un vistazo a la Figura 2.1. En el momento cero, es decir en la primera fila, todas las bolas están en posición de descanso. El proceso de oscilación se inicia empujando la bola de la izquierda hacia la izquierda (momento I). Como la bola de la izquierda está conectada a la bola siguiente mediante un muelle el movimiento se ralentiza hasta el momento III y finalmente se invierte. Debido a la conexión del muelle, también la segunda y luego sucesivamente todas las otras bolas de la derecha se están moviendo de modo que se genera un movimiento de onda. Además la Figura 2.1 muestra que cada bala oscila solo alrededor de su posición de descanso en una cierta cantidad, es decir, meramente la condición de oscilación se propaga lo largo de la dirección de propagación de la onda. Sólo la energía y no el cuerpo que vibra se transporta. En el periodo de tiempo que va desde el momento III hasta el momento XV la partícula ha llevado a cabo una oscilación completa.

El tiempo requerido para una oscilación completa se llama periodo de oscilación T . En la representación de momentos en la línea XV de la Figura 2.1, podemos ver que las partículas 0 y 12 están experimentando su desviación máxima hacia la izquierda, es decir que están en la misma condición de oscilación se llama longitud de onda λ de la oscilación mecánica de propagación, es decir onda sonora.

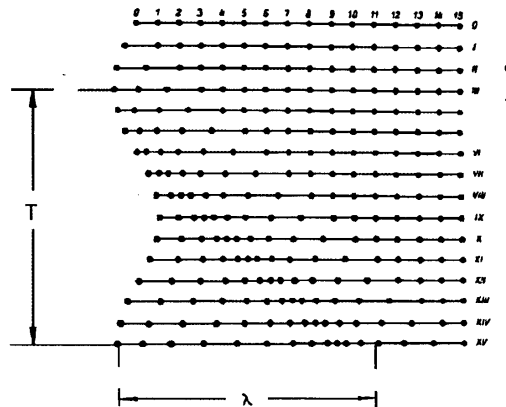


Figura 2.1: Representación de momentos: oscilación de bolas unidas mediante muelles

A partir de la Figura 2.1, podemos ver que la condición de oscilación se ha propagado por la distancia λ en el periodo T . En consecuencia la fórmula siguiente se aplica a la velocidad de propagación c :

$$c = \lambda / T \quad (1.1)$$

- T periodo de oscilación (μs)

- λ longitud de onda (mm)

- c velocidad de propagación (mm/ μs)

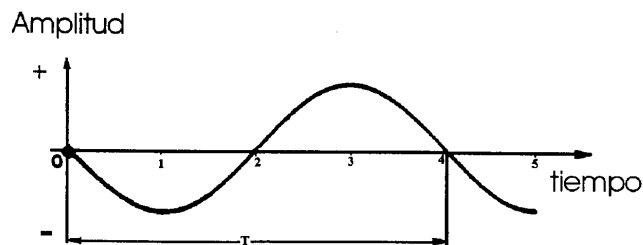


Figura 2.2: Periodo de oscilación

Del periodo de oscilación T , el número de oscilaciones por segundo se puede calcular mediante la fórmula:

$$f = 1/T \quad (1.2)$$

Donde f es la frecuencia de la oscilación y su unidad es “número de oscilaciones por segundo”. Esta unidad es llamada Hertzio (Hz). Un Hz es igual a una oscilación por segundo. Combinando las ecuaciones 1.1 y 1.2 obtenemos la siguiente relación:



$$c = \lambda \cdot f \quad (1.3)$$

Esta ecuación se aplica a todos los procesos de propagación de ondas.

3.3.3. DEFINICION DEL TERMINO ULTRASONIDO

La frecuencia de impresión de un sonido (tono) tiene directamente la amplitud del tono. Cuanto mayor es la frecuencia más alto es el tono. La amplitud de un tono que puede ser recibido por el oído humano tiene un límite superior que es aproximadamente de 20.000 Hz, es decir 20 kHz. Los sonidos que tienen una frecuencia mayor se llaman ultrasonidos. Por definición la escala de sonido audibles esta comprendida entre aproximadamente 16 Hz a 20 kHz.

Como hemos visto con el modelo de muelles (ver Figura 2.1) el transporte de energía a través de una onda sonora solo es posible cuando las partículas constituyentes están conectadas mutuamente por fuerzas elásticas. En el caso de transmisión de sonido desde el altavoz hasta nuestro oído las moléculas del aire sirven como medio de transmisión. Los líquidos y los sólidos son también medios apropiados para la transmisión del sonido. En el vacío no existe materia y por lo tanto no existe transmisión de sonido. La conductividad satisfactoria del sonido en los líquidos y la materia sólida se utiliza hoy en día en sectores diversos. Por ejemplo detector sónico de profundidad para medir la profundidad del océano, localizar bancos de peces, etc. Y para comprobar la condición de los materiales (para detectar la presencia de defectos, medir su espesor, etc.).

La buena conductibilidad de las materias sólidas se utiliza para los ensayos de materiales. Para esto también se utiliza otra característica además de la propagación de onda: la reflexión de las ondas sonoras. De este modo las piezas de trabajo se pueden examinar en busca de defectos internos y superficiales de una forma no destructiva. El ensayo ultrasónico de los materiales necesita intensidades de sonido altas en las piezas. Ya

que la intensidad del sonido aumenta con el cuadrado de la frecuencia el ensayo se lleva a cabo por medio de ultrasonidos. Las frecuencias utilizadas en las aplicaciones habituales se encuentran entre los 0,5 y los 25 MHz. Para realizar el proyecto se va a utilizar una frecuencia de 20 MHz ya que es la más adecuada para la inspección de puntos de soldadura.

El método utilizado por los equipos ultrasónicos de inspección de que dispone Volkswagen Navarra es el método impulso eco. Aquí los impulsos sonoros con frecuencias en la escala mencionada antes, es decir entre los 0,5 y los 25 MHz se transmiten a la pieza. Los impulsos ecos procedentes de la pieza como ya se ha mencionado, llevan información de la misma. En este método, que se utiliza con mucha frecuencia la porción de sonido reflejada de las interfases (superficies de las piezas) o de las áreas con defectos en la pieza se recibe y se evalúa de forma electrónica. Aquí son de interés especial dos valores de medición: el tiempo de tránsito del sonido, es decir el tiempo que se necesita para que los impulsos de sonido viajen desde la superficie de una pieza hasta un reflector y regresen, y la intensidad de la señal sonora reflejada (eco). El tiempo de tránsito mide la profundidad, es decir la distancia desde la superficie, de un defecto o interfase. Conocemos la profundidad debido a que la velocidad de propagación del ultrasonido dentro del material es prácticamente constante para cada material:

$$s = c \cdot t$$

- s	profundidad
- c	velocidad de propagación
- t	tiempo de tránsito

La intensidad de la señal es, por otra parte, una medición de las características de reflexión del defecto o interfase detectados.

Es evidente que el sonido continuo no es adecuado para medir el tiempo de tránsito, ya que un periodo definido entre la transmisión y la recepción sólo se puede medir en el caso de impulsos sonoros cortos. En el caso del método impulso eco, por lo tanto, un transmisor ultrasónico tiene que generar impulsos ultrasónicos cortos.

3.3.4. PRINCIPIOS DE LA PROPAGACIÓN DE ONDAS

- **Oscilaciones y ondas**

La propagación del sonido mostrada por el modelo de muelles es posible en todos los medios. Se caracteriza por el hecho de que la dirección de oscilación de las partículas se produce en el mismo sentido que la propagación de la onda. De ese modo se generan zonas con una distancia entre partículas más pequeñas y zonas con una distancia mayor. Por tanto este tipo de onda se llama onda longitudinal u onda de compresión.

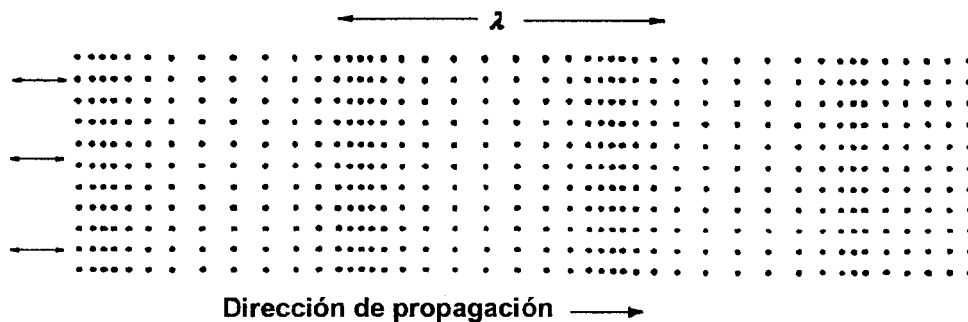


Figura 2.3: Onda longitudinal

Si no miramos la representación de momentos sino el proceso dinámico de la propagación de la onda longitudinal, vemos que las compresiones y las dilataciones se mueven en la pieza a distancia invariable. La velocidad con que se mueven es la velocidad del sonido c (T) de la onda longitudinal. Esta velocidad del sonido es una constante del material en el cual se propaga la onda sonora, por ejemplo en una pieza homogénea la velocidad del sonido se puede considerar constante.

Recuadro con ejemplos de velocidades del sonido:

Material	Velocidad del sonido c (L)
Aluminio	6320 m/s
Hierro fundido	5300 m/s
Cobre	4700 m/s
Plexiglas	2730 m/s
Aceite para motor	1740 m/s

En la materia sólida la densidad es muy alta comparada con los líquidos y los gases, es decir la distancia entre los átomos o moléculas es muy pequeña. Además están dispuestos en una estructura reticular cristalina y las fuerzas elásticas entre los átomos (o moléculas) son especialmente fuertes. Debido a estos dos hechos el sonido se puede propagar de modo diferente en la materia sólida. Además de las ondas longitudinales existen las ondas transversales u ondas de corte. En el caso de una onda transversal las partículas oscilan transversalmente respecto a la dirección de la propagación de la onda.

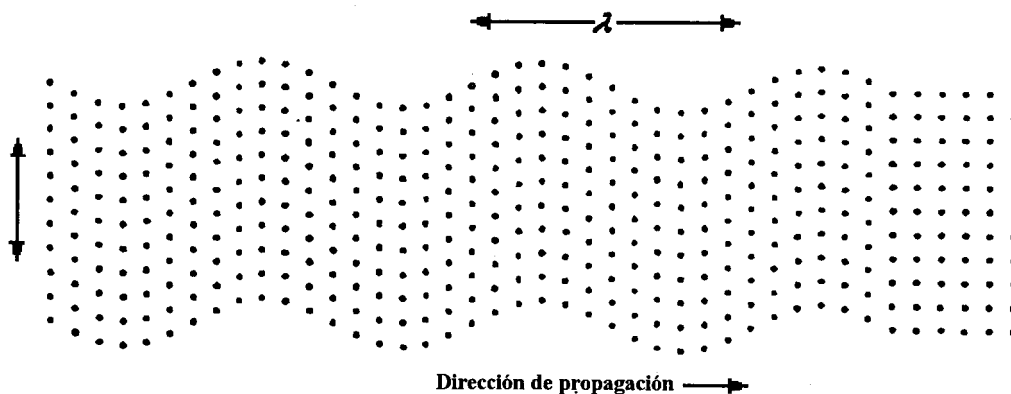


Figura 2.4: Oscilación de partículas en el caso de ondas transversales (ondas de corte)

Como muestra la Figura 2.4 de la cadena de muelles, la onda no es excitada en la dirección longitudinal de la cadena sino en dirección transversal. Los muelles tiran de las



bolas hacia su posición de inicio pero debido a su movimiento oscilan en su posición de descanso. Al mismo tiempo estas oscilaciones transversales son transmitidas a las dos bolas adyacentes que también empiezan a oscilar. Estas oscilaciones siguen siendo transmitidas a las bolas vecinas debido a las conexiones de los muelles.

Mirando el proceso dinámico del tren de ondas descubrimos que tanto las crestas como los senos de las olas se mueven por la pieza a una distancia invariable. La distancia entre las crestas adyacentes o los senos de ondas se llama longitud de onda λ . La transmisión de energía de las ondas transversales es inferior a la de las ondas longitudinales debido a la oscilación transversal de los átomos. Por tanto la velocidad de propagación de las ondas transversales, $c(T)$, es inferior a la de las ondas longitudinales, $c(L)$. La velocidad de la onda transversal también es una constante del material y es característica de cada pieza de trabajo correspondiente.

Material	Velocidad del sonido $c(T)$	Velocidad del sonido $c(L)$
Aluminio	3130 m/s	6320 m/s
Hierro fundido	2200 m/s	5300 m/s
Cobre	2260 m/s	4700 m/s
Plexiglas	1430 m/s	2730 m/s
Aceite para motor		1740 m/s

Ya que los gases y los líquidos son incapaces de transmitir ondas de corte, en caso contrario no podrían moverse a través de tuberías por ejemplo, las ondas transversales pueden penetrar distancias apreciables en cuerpos sólidos. Esto significa en la práctica de ensayos de materiales, que las ondas transversales solo pueden existir en sólidos, no en líquidos ni gases.

En los ensayos de materiales la cantidad más importante en un campo de sonido es la presión del sonido. En los puntos de mayor densidad de partículas la presión será mayor que la presión normal, mientras que en zonas dilatadas será inferior. Si se coloca un manómetro muy pequeño en el recorrido de la onda sonora indicara alternativamente una



presión alta y presión baja en una secuencia sinusoidal. Esta presión alternativa es la presión del sonido que se produce no sólo en los gases sino también en líquidos y sólidos. La desviación máxima de la presión normal, es decir sin onda sonora, se llama la amplitud de la presión del sonido. La amplitud de la presión del sonido está íntimamente relacionada con la amplitud del movimiento de las partículas es decir la desviación máxima de las partículas de su posición de descanso.

Las ondas longitudinales y transversales se pueden propagar a través de todo el volumen de una pieza de trabajo. En las interfases o superficies de la pieza pueden producirse otros tipos de onda como las de superficie (Rayleigh) y las de chapa (Lamb), pero para la verificación de puntos de soldadura necesitamos estudiar todo su volumen y por tanto este tipo de ondas no servirán.

- **Factor de reflexión y transmisión. Impedancia acústica.**

En la práctica todas las sustancias terminan en algún sitio, es decir tienen uno o más límites. En estos límites la propagación de ondas resulta distorsionada. Si los límites del material en cuestión son un espacio vacío (el vacío), no es posible la vibración mecánica fuera del material porque esto requiere la presencia de las partículas del mismo. En este límite libre la onda sonora por lo tanto volverá de una forma u otra. En una superficie lisa la reflexión de la onda se produce, cuando el límite es áspero la onda sonora sufre dispersión. La rugosidad de la superficie del límite se debería de medir en este caso en términos de la longitud de onda de la onda de sonido incidente.

Si más allá del límite se encuentra otro material y se adhiere al primer material de modo que se pueden transmitir las fuerzas, la onda sonora se puede propagar al segundo material, normalmente con una dirección, intensidad y modo de onda más o menos cambiado.

Consideremos el caso simple de una onda sonora que incide perpendicularmente en una interfase plana y lisa entre dos medios diferentes. Por razones de simetría, una parte de

la onda es reflejada perpendicularmente al límite y la otra parte es transmitida, en ángulo recto, al segundo medio.

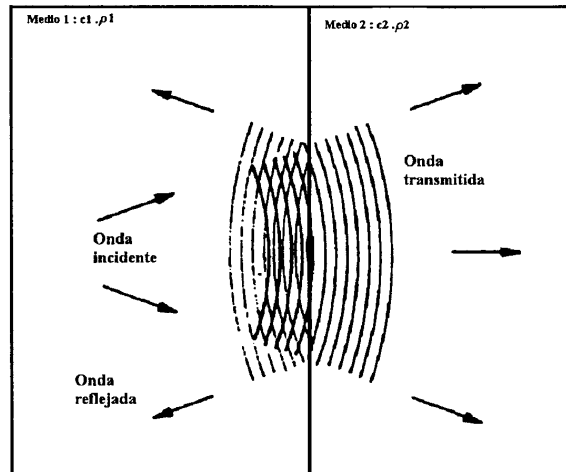


Figura 2.5: Incidencia perpendicular en una interfase entre dos medios diferentes

Para calcular las presiones del sonido de la onda sonora reflejada y de la transmitida se requiere la impedancia acústica Z de los materiales. La impedancia acústica Z del material se define como el producto de su velocidad de sonido c y su densidad ρ .

$$Z = \rho \cdot c$$

Z = Impedancia acústica (Pa·s/m)
 ρ = Densidad (Kg/m³)
 c = Velocidad del sonido (m/s)

La relación R de la presión de sonido reflejada con el incidente se llama factor de reflexión y se calcula mediante la fórmula:

$$R = [Z(2) - Z(1)] / [Z(2) + Z(1)]$$

La relación D de la presión del sonido transmitida con la presión de sonido incidente se llama factor de transmisión y se calcula mediante la fórmula:

$$D = 2 \cdot Z(2) / [Z(2) + Z(1)]$$

Si calculamos los factores de reflexión y de transmisión en el caso de una interfase entre el acero y el agua, para las ondas longitudinales se obtendrá:

$$Z(1) = 45 \cdot 10^6 \text{ (Pa}\cdot\text{s/m)}; \quad - \text{ Acero de baja aleación}$$

$$Z(2) = 1,5 \cdot 10^6 \text{ (Pa}\cdot\text{s/m)}; \quad - \text{ Agua}$$

De aquí se deduce:

$$R = [1,5 - 45] / [1,5 + 45] = -0,935$$

$$D = 3 / [1,5 + 45] = 0,065$$

Expresado en forma de porcentaje la onda reflejada tiene -93,5% de la presión de sonido de la onda incidente y la onda transmitida tiene 6,5%. El signo negativo indica inversión de la fase relativa a la onda incidente. Si en un momento determinado la onda incidente acaba de alcanzar el máximo negativo en el límite. Este caso se muestra en la figura.

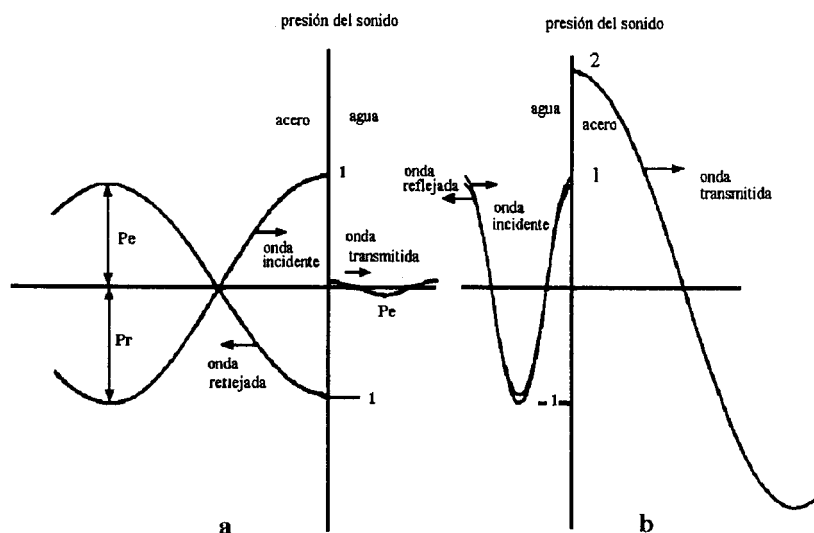


Figura 2.6: Valores de la presión del sonido en la interfase acero-agua

- **La radiación del sonido en la materia**

Las explicaciones anteriores sobre la propagación de ondas estaban basadas en el supuesto de una onda plana en un medio ilimitado. En la práctica sin embargo el transductor (cerámica piezoeléctrica) de un palpador ultrasónico, también llamado unidad de búsqueda, produce un sistema de ondas sonoras en un área restringida. Esto da lugar a un campo de sonido que tiene una forma muy complicada. La base para describir el campo de sonido es el principio de Huygens que dice que cualquier forma de onda se puede construir a partir de un gran número de ondas esféricas simples de la misma frecuencia, las llamadas ondas elementales (las cuales se deben escoger correctamente teniendo en cuenta su origen, su fase y su amplitud). Cada onda de superficie se puede visualizar como un envoltorio de estas ondas elementales cuyo origen está situado en una superficie de onda anterior.

La Figura 2.7 muestra la sección de un generador de sonido con forma de cilindro con unas cuantas superficies de ondas construidas siguiendo el principio de Huygens. Se puede ver que en el centro, delante del generador de sonido plano se forma una superficie de onda plana que en su extremo cambia a forma anular.

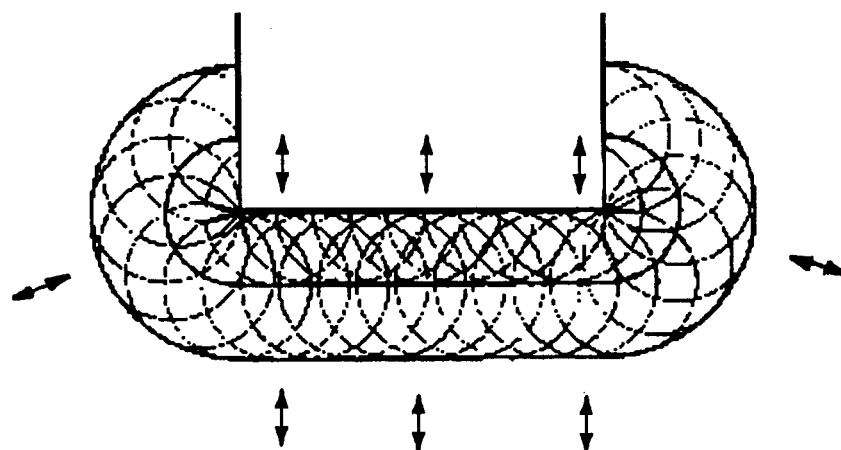


Figura 2.7: Construcción de superficies de ondas a partir de ondas elementales; principio de Huygens

Ahora se valorará el caso de un oscilador piezoeléctrico circular con forma de disco que es el tipo de transductor utilizado en los palpadores ultrasónicos normales. El campo de sonido de un oscilador semejante es bastante simple. Oscila con fase y amplitud igual en toda su superficie y transmite su propio movimiento al material contiguo.

Para hacer comprensibles la radiación de sonido procedente del oscilador se subdivide su superficie en muchos puntos pequeños siendo cada uno de ellos el punto de partida de una onda esférica. Según el principio de Huygens, miramos dos de estas fuentes de puntos, P(1) y P(2). Se asume que ambas fuentes producen simultáneamente los máximos y mínimos de la misma amplitud. En el espacio que rodea a estos puntos se encuentran ciertos puntos donde “la diferencia de recorrido entre la dos ondas es $\lambda/2$, es decir la mitad de la longitud de onda”. En estos puntos un mínimo de una onda solapa un máximo de la otra onda, es decir las dos ondas se compensan mutuamente.

Otro grupo de puntos se caracteriza por el hecho de que dos máximos o mínimos se solapan, es decir se produce una onda cuya amplitud es el doble de las onda que proceden de los puntos P(1) y P(2). La Figura 2.8 es una representación de momentos de los sistemas que se acaban de comentar.

En la Figura 2.8 los círculos más gruesos representan los máximos y los círculos más estrechos los mínimos de las ondas salientes. En los puntos en los cuales se interceptan un círculo más grueso y un círculo más delgado las ondas se anulan mutuamente. Esos puntos están conectados por líneas de puntos. Las líneas de rayas y puntos conectan puntos donde se solapan dos máximos o dos mínimos. A la superposición de ondas procedentes de diferentes puntos se les llama interferencia.

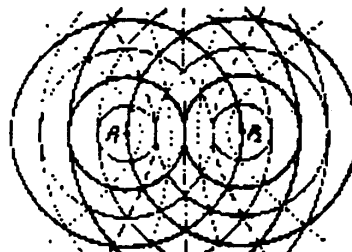


Figura 2.8: Interferencia de dos ondas elementales

Debido a la interferencia de las ondas elementales originadas en la superficie del transductor se produce un sistema de ondas complicadas que se podría visualizar mediante ondas de agua, ver Figura 2.9



Figura 2.9: Interferencia de ondas de

El campo acústico de un transductor ultrasónico acoplado a una pieza está formado por un sistema complicado de máximos y mínimos de presión acústica. Delante del transductor existen una serie de máximos y mínimos de interferencia. En el haz central del campo acústico se produce un último máximo el máximo principal del campo acústico, y a partir de este punto ya no existen ni máximos ni mínimos.

La zona de máximos y mínimos hasta el máximo principal se llama el campo cercano, y a la distancia entre la cara delantera del transductor y el máximo principal, o foco se le llama longitud del campo cercano, N.

La longitud del campo cercano de un transductor redondo, por ejemplo, depende de su diámetro efectivo D(eff), la frecuencia f de las ondas sonoras radiadas y la velocidad del sonido c del material que se está examinando, es decir en el cual se propagan las ondas sonoras. El diámetro efectivo D(eff) del transductor cilíndrico $0,95 D$, siendo D su diámetro nominal.

- $$N = \frac{D(eff)^2 \cdot f}{4c}$$

- N: Longitud del campo cercano (mm)
 - D(eff): Diámetro efectivo del transductor (mm)
 - F: Frecuencia del sonido (MHz)
 - c: Velocidad del sonido (Km/s)



Figura 2.10: Campo de sonido delante de un oscilador con $D / \lambda = 6,7$

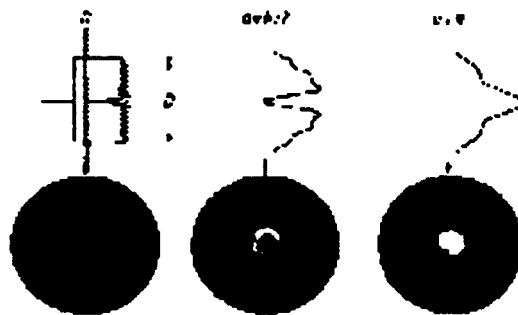


Figura 2.11: Campo cercano delante de un oscilador circular *ideal*

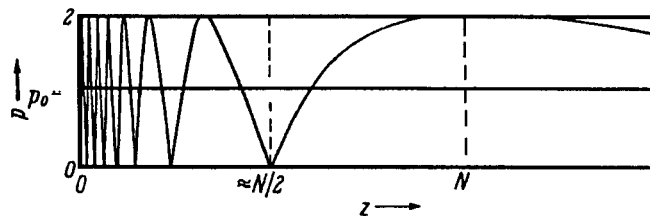


Figura 2.12: Presión del sonido en el eje de un oscilador circular

La representación del campo acústico que muestra los máximos y mínimos de interferencia no es muy apropiada para la práctica de ensayos ultrasónicos aunque muestra la distribución real de la presión acústica. En la práctica se utiliza una representación aproximada del campo acústico que muestra la zona donde se producen reflexiones procedentes de defectos en la pieza cuando se aplica el método de impulso eco. Esta representación aproximada se llama haz de sonido.

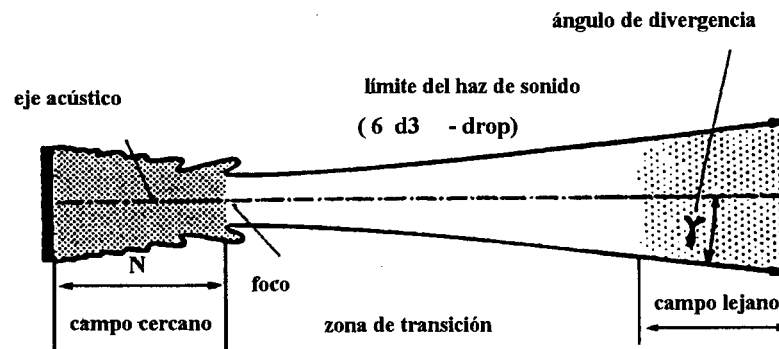


Figura 2.13: Haz de sonido de un oscilador ultrasónico

En Primer lugar miramos las distancias que son mayores que la longitud del campo cercano N. Esta zona que se extiende mas allá del último máximo es llamado el campo lejano. En el campo lejano ya no se producen efectos de interferencias. Ahora nos desplazamos por la zona del campo lejano desde puntos en el haz central perpendicularmente a aquellos puntos donde la presión acústica se ha reducido en un 50% comparada con el haz central. Si hacemos esto para distancias diversas tomadas desde el transductor y si se unen estos puntos por medio de una línea, se obtienen los llamado límites del 50% (haces marginales del haz del sonido). El ángulo entre el haz central y este haz marginal se llama ángulo de divergencia γ (50%).

El índice 50% significa que el borde marginal caracteriza los puntos en los que la presión acústica se reduce en un 50% comparada con el haz central. El ángulo de divergencia γ (50%) de un transductor circular se puede calcular de la siguiente forma:

$$\sin \gamma (50\%) = 0,51 \cdot c / [D(\text{eff}) \cdot f]$$

Utilizando las cantidades N y γ (50%) se puede trazar fácilmente el haz de sonido. Para lograr una aproximación gráfica del haz, se procede de la siguiente forma:

A una distancia N desde la cara de contacto del transductor se traza una línea paralela a la cara del transductor. Desde el centro del transductor se marcan los dos haces límites a la mitad del ángulo γ respecto al eje central. Los puntos de intersección de los dos haces

límites con la línea paralela a la cara del contacto del transductor se hacen coincidir con los límites de la cara de contacto del transductor. Así se consigue un enfoque del haz del sonido que llega hasta el extremo del campo cercano. Para distancias que sobrepasan el campo cercano el haz de sonido se desvía.

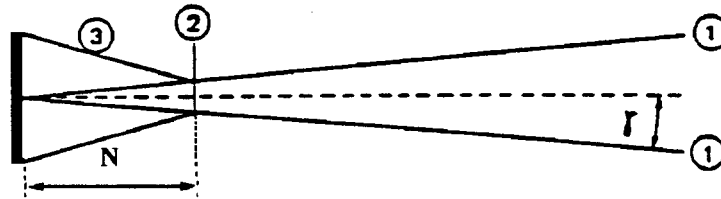


Figura 2.14: Aproximación gráfica del haz de sonido de un oscilador circular

Desde una distancia de aproximadamente tres veces la longitud del campo cercano la presión acústica del haz central se reduce de forma indirecta proporcional a la distancia del transductor. Esta zona del haz de sonido se llama el campo lejano (real). La zona entre el extremo del campo cercano (foco) y el campo lejano real, es llamada zona de transición.

A partir de las formulas expuestas se puede observar que la forma del haz del sonido depende del haz del sonido, de la frecuencia y del diámetro del transductor. La dependencia de la velocidad del sonido significa que la forma del haz del sonido se ve influenciada por el material de la pieza. Cuando trabajamos con determinado material, y conocemos por tanto la velocidad del sonido, se obtienen una longitud mayor de campo cercano N y ángulo de divergencia γ más pequeño aumentando la frecuencia del transductor, que es la frecuencia del ensayo. El mismo efecto se puede conseguir aumentando el diámetro del transductor.

La geometría del transductor y las características de onda de las ondas del sonido son la razón de la forma característica del haz del sonido y de los efectos de interferencia. Nótese que hasta ahora se asume una propagación sin problemas de ondas sonoras en el material de ensayo. Esto significa que el material es homogéneo y que la pieza es infinitamente grande de modo que las ondas acústicas nunca se encuentran en ninguna interfase. Por supuesto que ambas condiciones no se pueden dar en la práctica. Esto significa que en las piezas reales se producen nuevas influencias y efectos. Incluso una pieza de acero, sin



defectos, contienen heterogeneidades muy pequeñas y finamente distribuidas, es decir límites del grano e impurezas. La Propagación de las ondas sonoras se ve afectada en mayor o menor grado por estas heterogeneidades.

- **Atenuación del ultrasonido en el material sólido**

Los materiales naturales producen un efecto más o menos pronunciado que debilita el sonido. Esto es consecuencia de dos efectos básicos: la dispersión y la absorción verdadera del sonido; ambos efectos se combinan en él termino atenuación.

La dispersión es consecuencia del hecho de que, como ya se ha mencionado antes, el material contiene límites de grano en los cuales la impedancia acústica cambia de forma abrupta. En estos límites de grano dos materiales de densidad y velocidad acústica diferentes se encuentran en estas interfases. Incluso cuando sólo está presente un único tipo de cristal, el material puede ser heterogéneo para las ondas ultrasónicas si los granos están orientados al azar y el cristal en cuestión tiene diferentes propiedades elásticas y diferentes velocidades del sonido en direcciones diferentes. En este caso el material es llamado anisótropo.

En un material con granos muy gruesos de un tamaño comparable a la longitud de onda la dispersión se puede visualizar geométricamente. En un límite oblicuo la onda acústica se divide en diferentes ondas reflejadas y transmitidas. Este proceso se repite para cada onda en el siguiente límite de grano. De ese modo el haz de sonido original se ve dividido constantemente en ondas parciales que durante sus largos y complejos recorridos son convertidas de forma gradual en calor por causa de la absorción verdadera (véase a continuación)

En las escalas de frecuencia utilizadas para el ensayo de materiales, que están entre 0,5 y 25 MHz, el tamaño del grano suele ser menor que la longitud de la onda. En tales condiciones se produce la dispersión en lugar de la división geométrica, como cuando la luz se dispersa a causa de las pequeñas gotas de agua en la niebla. La dispersión aumenta cuando aumenta el tamaño de grano, y en tamaños que van desde 1 / 10 hasta el valor total



de la longitud de la onda, hasta el punto de que el ensayo puede resultar imposible. En tales casos se debe seleccionar una frecuencia más baja.

La segunda causa de la atenuación es la absorción verdadera, es una transformación directa de la energía sonora en calor, de la cual pueden ser responsables diferentes procesos. En general, la absorción se puede visualizar como una especie de efecto de freno de las oscilaciones de las partículas. La absorción aumenta cuando aumenta la frecuencia porque una oscilación rápida pierde más energía que una más lenta.

Los dos tipos de pérdidas, dispersión y absorción verdadera, establecen limitaciones en la práctica a los ensayos de los materiales. La absorción pura debilita la energía transmitida y produce ecos procedentes del defecto como de la pared de fondo. Para contrarrestar este efecto se puede aumentar el voltaje del transmisor y la amplificación, o se puede explotar la absorción mas baja en frecuencias más bajas. Mucho peor es, sin embargo la dispersión porque reduce no sólo la altura del eco sino que además produce numerosos ecos con diferentes tiempos de tránsito, lo que se llama hierba, en la cual se pueden perder los ecos verdaderos procedentes de los defectos o de la pared posterior. Esta perturbación no se puede contrarrestar aumentando el voltaje del transmisor ni la amplificación porque la hierba aumenta simultáneamente. La única solución es utilizar frecuencias más bajas. Pero esto, debido al efecto reducido del haz de sonido y al aumento de la longitud de onda y de impulsos, limita de forma natural la detección de los defectos pequeños.

3.3.5. GENERACIÓN Y RECEPCIÓN DE ONDAS ULTRASÓNICAS: PIEZOELECTRICIDAD

Hasta ahora se ha visto la propagación de las ondas ultrasónicas en diferentes materiales pero no se ha hablado de su producción excepto que se producen en el material mediante la superficie de contacto de un oscilador. En los ensayos ultrasónicos utilizamos los llamados transductores o palpadores o sensores, que contienen transductores que actúan como

transmisores y/o receptores de ultrasonidos. Su modo de funcionamiento esta basado en el efecto piezoeléctrico.

Un material piezoeléctrico tiene la propiedad de que si es deformado por fuerzas externas (presión mecánica) se generan cargas eléctricas en su superficie (1880 esposos Curie). El efecto contrario, que es cuando este material colocado entre dos electrodos cambia en sus dimensiones cuando se le aplica un potencial eléctrico, se descubrió poco tiempo después (1881). El primer efecto se llama efecto piezoeléctrico directo, el segundo efecto piezoeléctrico inverso. El primero se utiliza, entre otras cosas, para las funciones del receptor ultrasónico y el segundo para los transmisores.

La investigación básica ha demostrado que la piezoelectricidad está basada en una propiedad de la célula elemental de la estructura cristalina del material. El Titanato de Bario (BaTiO_3), una cerámica sinterizada, es un material utilizado frecuentemente en ultrasonidos y tiene una estructura de célula elemental bastante simple:

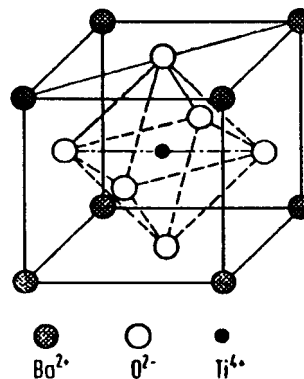


Figura 2.15: Estructura cristalina del (BaTiO_3)

La célula elemental del titanato de bario, por ejemplo, tiene una estructura cúbica por encima de cierta temperatura llamada temperatura de Curie. Por debajo de la temperatura de Curie, se deforma en dirección del llamado eje C y por lo tanto varían las distancias entre los iones con carga positiva y negativa. El desplazamiento solamente afecta a un ligero porcentaje de la longitud del extremo del cubo pero origina una separación de los puntos centrales efectivos de las cargas eléctricas y por lo tanto genera un momento

bipolar. Por razones de energía todos estos momentos bipolares pertenecientes a células próximas giran en la misma dirección en el interior de los dominios del cristal.

La dirección de polarización de los diferentes dominios dentro de un material policristalino es aleatoria, y por lo tanto en una cerámica sinterizada no se puede encontrar el efecto piezoeléctrico microscópicamente. Sin embargo polarizando el material mediante la aplicación de un campo eléctrico fuerte a una temperatura justo por debajo del punto de Curie, se puede conseguir una polarización uniforme en toda la muestra. Esta polarización es “congelada” enfriando la muestra mientras se mantiene la aplicación del campo eléctrico.

Cuando se aplican esfuerzos mecánicos a una plancha polarizada de titanato de bario en la dirección de la polarización, todas las célula elementales se deforman produciendo por lo tanto cargas eléctricas en la plancha, véase Figura 2.16

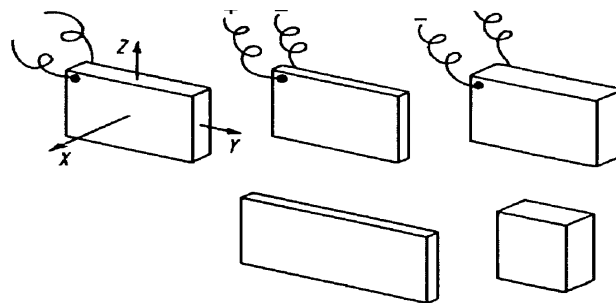


Figura 2.16: Deformación de una plancha piezoeléctrica

Para facilitar el procesamiento de las cargas ambas caras de la plancha se cubren con una capa metálica formando así un capacitor eléctrico. Sometiendo esta plancha a esfuerzos podemos detectar y medir las cargas como voltajes entre las capas. Este voltaje es proporcional al esfuerzo aplicado. Cuando se aplican esfuerzos alternativos a una plancha de estas características mediante una onda sonora incidente, se generan voltajes alternativos y sus correspondientes corrientes y la plancha actúa como receptor de ultrasonidos. El efecto recíproco forma la base de un transmisor acústico en el cual voltajes alternativos aplicados en los dos electrodos metálicos hacen que la plancha oscile a la frecuencia del voltaje.

Un impulso de voltaje corto inferior a un microsegundo (10^{-6} s) y un voltaje de 300 a 1000 voltios excita el cristal y produce oscilaciones a su “frecuencia natural (resonancia)” que depende del espesor y del material de la plancha piezoeléctrica. Cuanto más fino es el cristal mayor es su frecuencia de resonancia. Por lo tanto es posible generar una señal ultrasónica con una frecuencia primaria definida. El espesor d del cristal es calculado a partir de la frecuencia de resonancia f_0 requerida según la siguiente fórmula: - c : velocidad del sonido del material del cristal

$$d = \lambda / 2 = c / 2$$

- f_0 : frecuencia de resonancia del cristal

- d : espesor del cristal (que no vibra)

- λ : longitud de onda

Un cristal piezoeléctrico que se produce en la naturaleza es el cuarzo, que se utilizó como material transductor en los comienzos de los ensayos ultrasónicos. Dependiendo de si se quieren generar ondas longitudinales o transversales las planchas de cuarzo, se cortan verticalmente respecto al eje X del cristal (plano X), o verticalmente respecto al eje Y (plano Y del cristal de cuarzo).

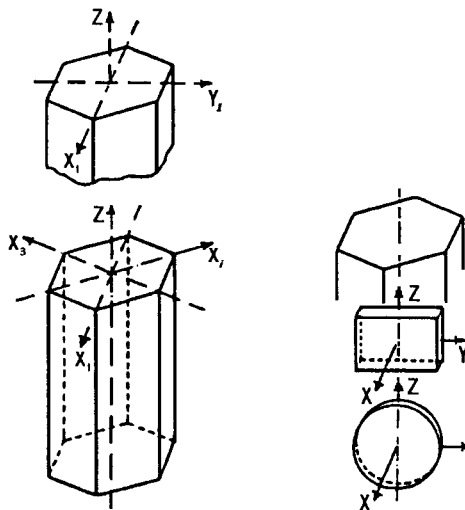


Figura 2.17: Plano X de un cristal de cuarzo

En los transductores modernos ya no se usa el cuarzo, sino cerámica sinterizada como el titanato de Bario. Los materiales más importantes para los transductores ultrasónicos, así como sus características, se muestran en la siguiente tabla:

	Titanato de circonato de plomo	Titanato de bario	Metaniobato de plomo	Sulfato de litio	Cuarzo	Niobato de litio
Velocidad del sonido (m/s)	4000	5100	3300	5460	5740	7320
Impedancia acústica Z	30	27	20,5	11,2	15,2	34
Factor k de acoplamiento electromecánico	0,6 - 0,7	0,45	0,4	0,38	0,1	0,2
Módulo piezoeléctrico d	150– 593	125– 190	85	15	2,3	6
Constante H de deformación piezoeléctrica	1,8 – 4,6	1,1 – 1,6	1,9	8,2	4,9	6,7
Factor de acoplamiento para oscilación radial k_p	0,5 – 0,6	0,3	0,07	0	0,1	-

El rendimiento durante la conversión de energía eléctrica a mecánica y viceversa difiere según el material transductor utilizado. Los rasgos correspondientes están definidos por las constantes piezoeléctricas y el factor de acoplamiento. La constante d (módulo piezoeléctrico) mide la calidad del material transductor como transmisor ultrasónico. La constante H (constante de deformación piezoeléctrica) mide la calidad como receptor. La tabla muestra que el titanato de circonato de plomo tiene las mejores características como transmisor y el sulfato de litio las mejores características como receptor. La constante k muestra el rendimiento para la transformación del voltaje eléctrico en desplazamiento



mecánico y viceversa. Este valor es importante para la operación de eco impulso ya que el cristal actúa como transmisor y receptor. En este caso los valores para el titanato de circonato de plomo, el titanato de bario y el metaniobato de plomo se encuentran en un orden comparable.

Como en el caso de los ensayos por contacto directo y por inmersión se requiere un acoplante líquido con una impedancia acústica Z baja, el material transductor, debería tener una impedancia acústica del mismo orden para poder transmitir la máxima energía acústica posible. Por eso la mejor solución sería utilizar metaniobato de plomo y sulfato de litio puesto que tienen la impedancia acústica más baja.

Un poder de resolución satisfactorio requiere que la constante k_p (factor de acoplamiento para la oscilación radial) sea lo más baja posible. k_p mide la aparición de oscilaciones radiales perturbadoras que ensanchan las señales. Desde este punto de vista el metaniobato de plomo y el sulfato de litio son los mejores materiales transductores.

Las características de los materiales transductores descritas, muestran que no existe material de cristal ideal. Por lo tanto, hay que establecer compromisos. Ya que el sulfato de litio presenta dificultades adicionales debidas a su solubilidad en agua, los materiales más corrientes son: el titanato de circonato de plomo, el titanato de bario y el metaniobato de plomo.



3.4. MÉTODOS DE VERIFICACION DE LOS PUNTOS DE SOLDADURA

3.4.1. METODO DESTRUCTIVO

Consiste en la separación de las partes soldadas. Como ya se ha explicado, la consecución de un punto bueno de soldadura implica la formación de la lenteja de soldadura con las dimensiones pertinentes (espesor y diámetro). Esta lenteja posee una microestructura basta en forma de dendritas orientadas en la dirección del flujo de la corriente, que es mucho más resistente y dura que el material original de grano fino laminado. Como consecuencia, al destruir la parte ensamblada con ayuda de un cincel específico para esta función, se romperá la zona circundante a esta lenteja de soldadura; lo que es denominado desbotonamiento del punto debido a la morfología de las piezas una vez separadas. En la chapa de mayor espesor queda el punto de soldadura donde se mide el diámetro del mismo con ayuda de un calibre digital o una regla calibrada. En la chapa más fina queda un hueco en forma de círculo; la lenteja no se destruye y así puede ser analizada. La lenteja queda en la chapa de mayor espesor porque esta chapa tiene más resistencia que la fina. En los puntos pegados (sin lenteja de soldadura o con un espesor de lenteja ínfimo) no se forma el botón, las chapas se separan dejando marca pero no material. Este método es capaz de detectar casi todas las fallas y defectos. Como aspectos negativos, tenemos que el método destructivo es extremadamente costoso, tanto en términos de pérdidas por partes destruidas como en términos de mano de obra debido a lo complicado y laborioso de ejecutar. Además, hay que añadir que la contaminación acústica que supone realizar un ensayo destructivo, hace que el uso de tapones para los oídos sea imprescindible, no solo para el verificador sino para todos los operarios de las zonas circundantes.

En conclusión el método destructivo posiblemente sea el más efectivo en tanto que tiene el que mayor probabilidad de detección de fallos sin equivocarse pero en contra el alto tiempo de inspección necesario para la prueba, la alta peligrosidad para el operario y su alto coste en términos de chatarra, lo hacen inviable para Volkswagen Navarra. No obstante, para la implantación de la verificación por ultrasonidos, es necesario realizar pruebas de

correlación destructivas para ajustar el equipo ultrasónico y programarlo de forma que ningún punto malo pueda ser evaluado como bueno si la señal capturada es adecuada (la señal cumple los requisitos para que sea considerada valida para la evaluación).



Figura 4.1: Cincel para realizar el ensayo destructivo y calibre digital para medir botones

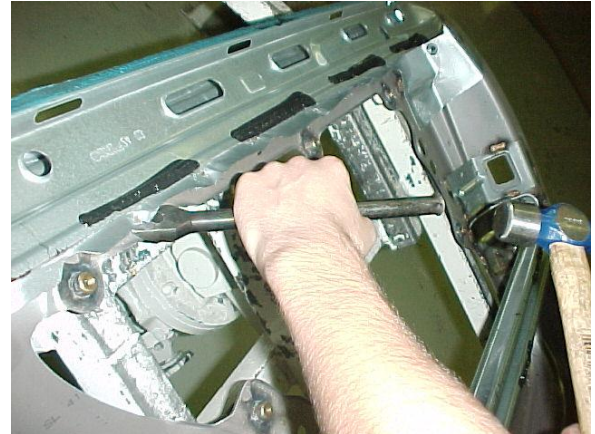


Figura 4.2: Ensayo destructivo



Figura 4.3: Punto de soldadura después de realizarle la prueba destructiva



3.4.2. METODO DEL CINCEL-MARTILLO

Consiste en colocar el cincel entre las chapas soldadas y martillar hacia el punto de soldadura. Si el punto no está soldado este cederá y las chapas se separarán. Este método es semidestructivo, es decir, las partes soldadas quedan dañadas tras la inspección, de manera que o se desechan a chatarra, o se retrabajan con el consecuente aumento de tiempo de inspección, o se reincorporan a la línea con el consecuente descenso de la calidad. En el caso de este proyecto, las partes resultantes (puertas), son destinadas a chatarra. Como ya se verá más adelante (8.), otro inconveniente de este método de verificación es que no resulta efectivo con soldaduras anulares debido a la elevada resistencia mecánica que estas presentan. Además, tiene aplicación limitada debido a la inaccesibilidad del cincel en determinados puntos, a que no proporciona resultados relevantes en componentes con tres láminas y a que no puede ser usado en partes pintadas. El poder de detección de este método es muy inferior al del método destructivo o del ultrasónico. Es capaz de detectar si se produce la formación de la lenteja de soldadura pero no sus dimensiones. En consecuencia este método presenta buenos resultados en cuanto a puntos sueltos y pegados se refiere pero no resulta efectivo en puntos finos, quemados, de diámetro pequeño y con poros. Con el clásico método del cincel-martillo se averigua si hay soldadura, pero las dimensiones y la forma de la lenteja se desconocen. Consecuentemente el método cincel-martillo implica menor calidad que los otros métodos de verificación actuales; el destructivo y el ultrasónico.

En cuanto al absentismo por accidente, se tiene que tanto la inspección con cincel-martillo como el ensayo destructivo y debido a la peligrosidad que implican, presentan obviamente índices de absentismo por accidente superiores a los ultrasónicos. Por tanto estos dos métodos presentan menos seguridad laboral que el ultrasónico y consecuentemente, como se verá en la valoración económica, también se ahorrará a causa de un menor número de bajas.

Por ultimo también hay que destacar que este método también provoca contaminación acústica, pero esta es significativamente menor que en el método destructivo, de forma que únicamente el verificador necesita tapones para proteger los oídos.



Figura 4.4: De izquierda a derecha cincel específico para ensayo destructivo, cincel comun (martillo-cince)

3.4.3. METODO UTRASONICO

Esta técnica es no destructiva, rápida, precisa y fácil de implementar si se utiliza una computadora como la que posee el swi-100 para el análisis de los puntos automatizado. Se han intentado algunos otros métodos no destructivos para la inspección en la soldadura de puntos, pero todos ellos resultan menos precisos que el método ultrasónico. Estos métodos incluyen térmico-infrarrojo, conductividad eléctrica, rayos X y corrientes Eddy.

En equipo ultrasónico a grandes rasgos consta de un ordenador y un transductor (también se le denomina sensor o palpador) encargado de emitir y recibir los ultrasonidos. Este transductor está especialmente diseñado para inspeccionar los puntos. La zona de contacto del transductor es una membrana elástica que adopta forma semiesférica y se amolda fácilmente a los puntos.

Este transductor está conectado al ordenador por medio de un cable especial. En la pantalla se muestra la información recibida por el transductor. El ordenador digitaliza esta información y es capaz gracias a un software específico de evaluar el punto.

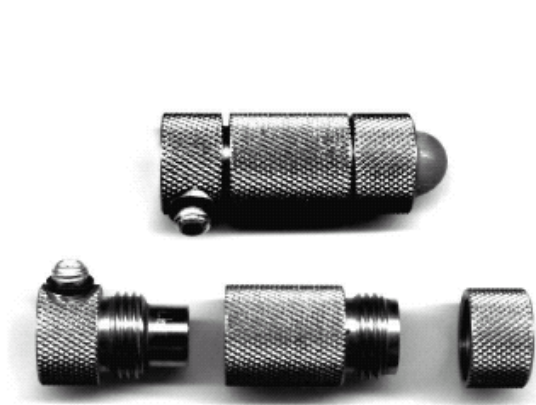


Figura 4.6: Transductor ultrasónico



Figura 4.7: Inspección ultrasónica

El método ultrasónico para inspeccionar soldadura de punto, está basado en la detección de múltiples reflexiones desde la pared posterior de la estructura soldada, junto con los ecos intermedios generados por los fallos en el punto. La longitud en la secuencia

de ecos del espesor total, la atenuación de la señal (caída de amplitud), así como la amplitud y posición de los ecos intermedios permiten diferenciar los puntos buenos de los puntos defectuosos y clasificar estos últimos.

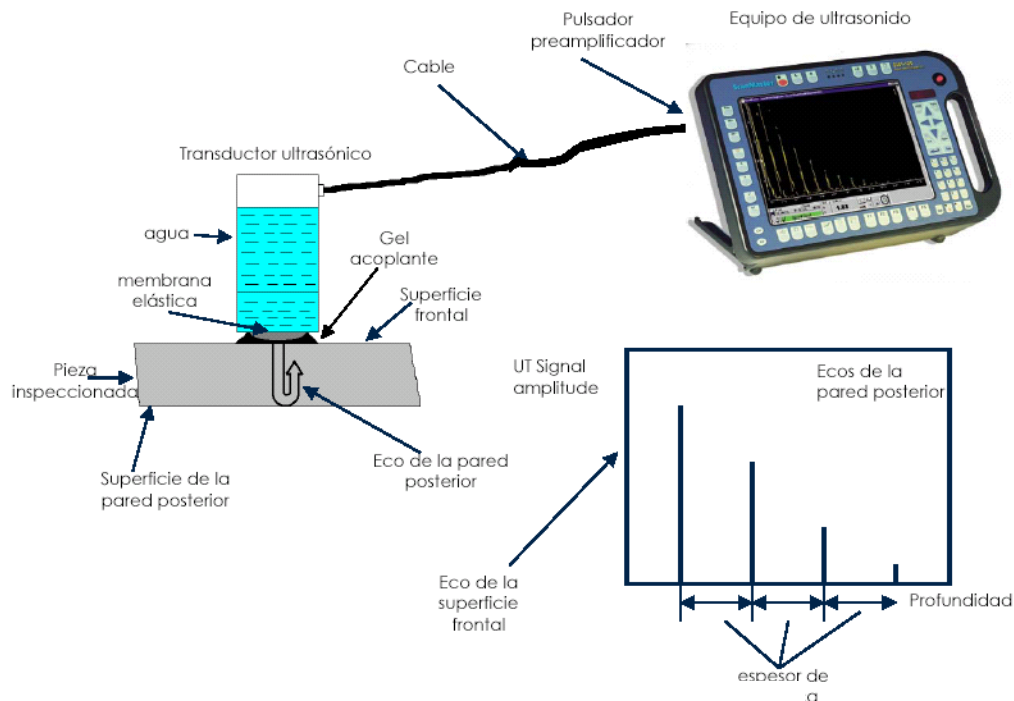


Figura 4.8: Croquis de la prueba *ultrasónica*

Las ondas ultrasónicas se reflejan en zonas de transición, en las cuales hay un cambio brusco de impedancia acústica Z (interfase acero-aire). Las ondas ultrasónicas, si inciden perpendicularmente, se reflejan en la dirección de origen y producen la altura máxima posible en pantalla. En el caso que nos interesa significa que primeramente se esperan reflexiones de la cara opuesta de las chapas soldadas de un punto, es decir, del espesor total de las chapas, si el diámetro de lenteja es suficientemente grande. La secuencia de ecos que se forma se denomina secuencia de ecos de fondo. A medida que el haz ultrasónico recorre el material, sufre absorción y dispersión provocando atenuación en la secuencia de ecos de fondo: el primer eco tiene mayor amplitud que el segundo, y este mayor que el tercero y así sucesivamente hasta la dispersión total del sonido.

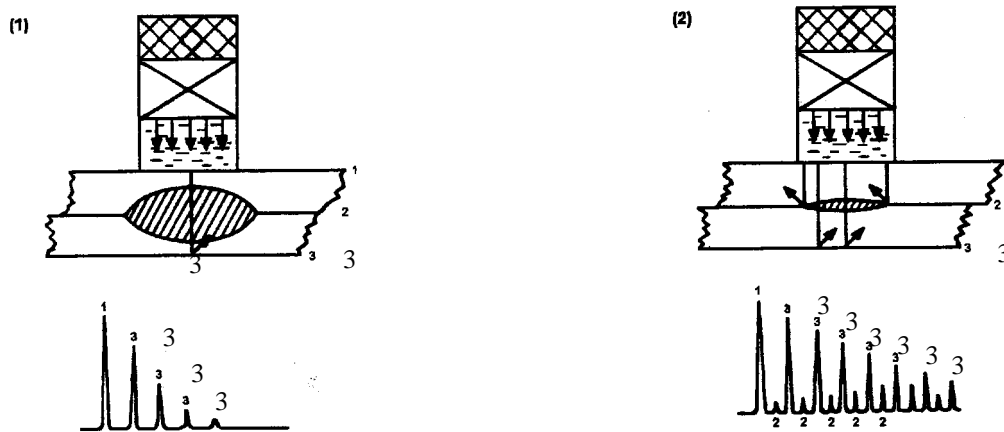


Figura 4.9: Control de puntos soldados. (1) Propagación del sonido e imagen de los ecos en un punto bueno y (2) de un punto con lenteja demasiado pequeña. La evaluación de la calidad de los puntos soldados se realiza por medio de las imágenes de los ecos. Los números en los picos de los ecos indican la correspondiente superficie de reflexión de los impulsos ultrasónicos

En cambio, si el diámetro de lenteja es más pequeño que el diámetro del haz sónico, aparecen reflexiones también en los huecos de aire alrededor de la lenteja, ya que parte del haz no atraviesa la lenteja. Estas reflexiones se producen a una distancia significativamente menor que la pared de fondo, cuyo espesor corresponde al de las chapas soldadas. Por lo tanto, en la secuencia de ecos correspondiente al espesor total de las chapas soldadas, aparecen ecos intermedios, cuyas posiciones entre la secuencia de ecos de fondo dependen de la combinación de espesores de las distintas chapas, y cuyas amplitudes permiten sacar conclusiones acerca de la reducción del diámetro de lenteja, es decir, a mayor amplitud de picos intermedios menor diámetro de lenteja le corresponderá (ver Figura 4.9).

Es importante saber que no se producen reflexiones en la transición entre el material base (grano laminado) y el material soldado (lenteja de soldadura), ya que la diferencia de impedancia acústica Z entre ellos suele ser menor del 0,1%. Por el contrario la diferencia de impedancia en superficies límite (acero-aire) es de más del 99,9%.

En caso de soldadura fría (pegado), se produce una larga secuencia de ecos sin ecos intermedios que se atenúa débilmente. La microestructura de la lenteja consta de granos alargados o dendritas orientadas en el sentido de la corriente, similar a una estructura de fundición. Esta microestructura es muy basta y el sonido se dispersa aquí rápidamente debido a que pierde mucha energía en mover los enlaces o moléculas conforme atraviesa el punto. Por el contrario el sonido viaja muy cómodamente a través del material original con estructura de grano fino y por tanto se dispersa significativamente más despacio.

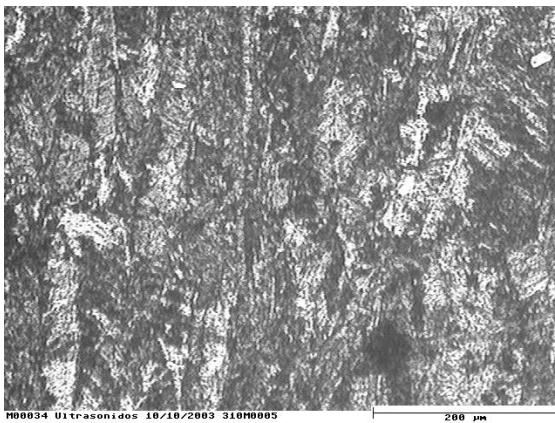


Figura 4.10: Lenteja de soldadura (pulida y atacada con nital al 5% y vista a 100 aumentos)

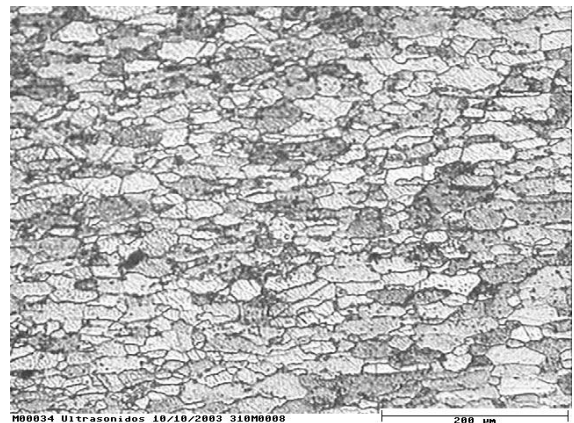


Figura 4.11: Material original (pulido y atacado con nital al 5% y visto a 100 aumentos)

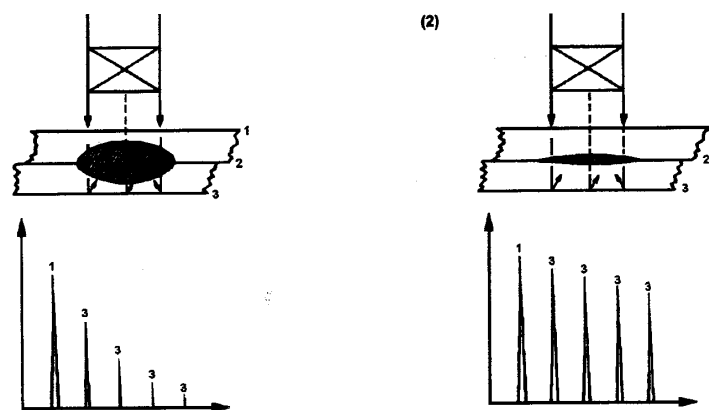


Figura 4.12: Control de soldadura por ultrasonidos. (1) Propagación del sonido e imagen de los ecos en un punto bueno y (2) de un punto pegado. La evaluación de la calidad de los puntos soldados se realiza por medio de las imágenes de los ecos. Los números en los picos de los ecos indican la correspondiente superficie de reflexión de los impulsos ultrasónicos

Si la extensión en el sentido horizontal de la soldadura pegada (diámetro del punto) es mayor que el ancho efectivo del haz de sonido, no hay reflexiones, y por tanto no aparecen ecos intermedios en la zona del pegado.

El número de ecos de fondo de un punto bueno depende por un lado del tamaño vertical de la lenteja, es decir de la dispersión en la estructura perlítica de la lenteja. Por otro lado depende también del espesor total de las chapas soldadas, y del estado superficial de los puntos de presión de los electrodos, que son la superficie de acoplamiento y reflexión del transductor.

La distancia de los ecos de fondo en un punto soldado corresponde a la mitad del tiempo de recorrido de los impulsos ultrasónicos en ese punto (recorrido de ida y vuelta). En un ajuste correcto (introduciendo la velocidad real del sonido en el punto y haciendo las transformaciones necesarias: $c \text{ (mm/s)} = e \text{ (mm)} / t \text{ (s)}$) corresponde al espesor total de las chapas soldadas menos la profundidad de las dos huellas de los electrodos. Como los espesores de la chapa son conocidos, se puede deducir por tanto también las profundidades de las huellas por medio de las distancias de los ecos.

El ensayo ultrasónico presenta otras ventajas a parte de ser el único método no destructivo; es un proceso rápido, de alta confiabilidad en la detección, capacidad de generar informes, no provoca contaminación acústica y no es peligroso para la integridad del verificador. Todos estos aspectos repercutirán beneficiosamente en la calidad, la seguridad y la economía de las inspecciones.

Como se puede ver en el cuadro basado en un estudio realizado por ScanMaster, el método ultrasónico es el mejor de los métodos de verificación actuales debido a la relación calidad precio que presenta.

	Martillo-cinzel	Destructivo	Ultrasonidos
Coste/coche (Pts)	773.000	1.091.000	182.000
Capacidad de detección	20%	99%	95%



4. CONCEPTOS BÁSICOS

Van a ser descritos una serie de conceptos básicos que son utilizados habitualmente dentro de la terminología propia de los ultrasonidos. Su conocimiento es necesario para la comprensión de los siguientes apartados del proyecto.

- A_Scan: Es la representación bidimensional en pantalla de la señal recibida a través del palpador.

- Interfase: Espacio físico de separación entre dos zonas con diferente composición química o diferente estructura metalográfica.

- Picos o ecos: Cada una de las protuberancias o marcas verticales presentes en un A_Scan. Se corresponden con rebotes del ultrasonido en una interfase.

- Backwall: Pico que surge cuando el ultrasonido rebota en la pared posterior de un punto de soldadura o interfase pared posterior-aire. Son los más regulares y los de mayor altura y grosor. Son marcados por una cruz verde.

- Pico central: Eco que surge cuando el ultrasonido rebota en el espacio de separación entre chapas, también llamado interfase central chapa-chapa. La existencia de estos picos denota espacios físicos de separación entre las chapas a unir. Son marcados por una cruz azul.

- Pico lateral: Eco que surge cuando el ultrasonido rebota en alguna interfase diferente a la interfase pared posterior-aire o a la interfase chapa-chapa. Son marcados por una roja.

- Amplitud: Distancia en vertical o altura de cada pico mostrado en pantalla. Se corresponde con el eje Y y en aplicaciones ultrasónicas se mide en porcentajes de altura total de la pantalla.

- Atenuación: Es la pendiente de la recta que une dos backwalls consecutivos.

- Atenuación media: Es la media de todas las atenuaciones que están presentes en una señal A_Scan.

- Espesor total: Valor medio de todas las distancias entre backwalls consecutivos presentes en un A_Scan. Este valor se muestra en pantalla como grosor.

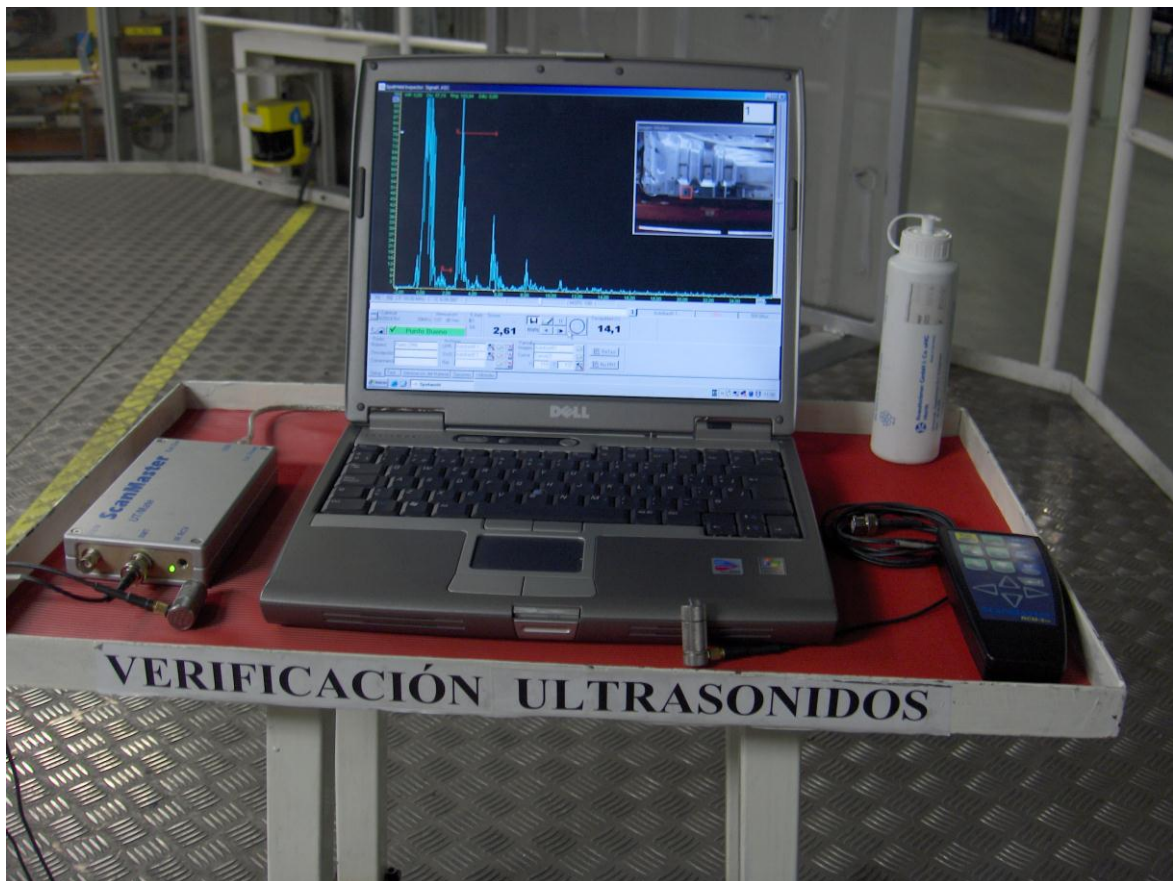


- Caja de herramientas ultrasónica: Apartado electrónico del software en el que se definen los parámetros que caracterizan a una señal ultrasónica.
- Parámetros UPR: Parámetros contenidos dentro de la caja de herramientas ultrasónica y que caracterizan a una señal ultrasónica.
- Parámetros SWD: Parámetros utilizados para la evaluación automática de las señales A_Scan.
- Puntos defectuosos: Son todos aquellos puntos que no son considerados buenos según la normativa Volkswagen. Por tanto dentro de este grupo están los puntos sueltos, los puntos pequeños, los puntos quemados, los puntos aplastados y los puntos con poros.
- Palpador o transductor: Extremo final de la cadena de elementos que conforman el equipo ultrasónico. Es el instrumento utilizado por el operador para aplicar los ultrasonidos a los puntos de soldadura.
- Membrana: Es la semiesfera transparente de naturaleza elastina presente en el extremo final del palpador.
- Sintonizar: Aplicación correcta del palpador sobre el punto de soldadura que tiene como resultado la presentación en pantalla de un A_Scan que es capturado automáticamente por la aplicación. La correcta sintonización de un punto esta directamente relacionada con la perpendicularidad con que el palpador ha sido situado con respecto al plano del punto.
- Tarjeta UT_Mate: Tarjeta exterior conectada al ordenador vía puerto USB responsable de la emisión de pulsos y gestión electrónica del equipo ultrasónico.
- Puerta o gate: Segmentos verticales de color rojo que aparecen en pantalla cuando la aplicación es abierta y que tienen por función principal determinar el momento en el que la imagen debe ser congelada.

5. TECNOLOGIA Y METODOS UTILIZADOS

Para la realización de este proyecto han sido adquiridos dos equipos ultrasónicos para la inspección de puntos de soldadura SWI UT/Mate SW. Son del fabricante israelí Scan Master y han sido adquiridas dos unidades para garantizar la inspección en caso de avería. Estos equipos fueron adquiridos al comienzo de la beca en VW-Navarra, y uno de los objetivos de la beca es su puesta a punto y programación.

Constan de una tarjeta electrónica UT_Mate, un juego de tres transductores o palpadores, el software de inspección Spotweld inspector 3.2.1 y el Pc portátil. Todo va montado sobre una mesa portátil para facilitar su traslado por el taller.



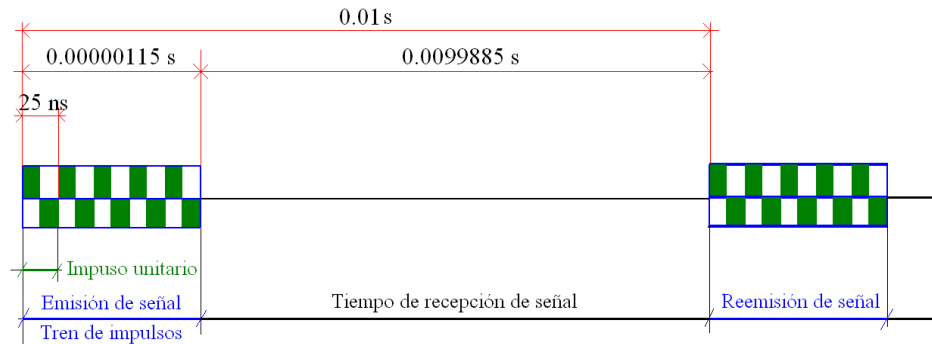
5.1 TARJETA UT_MATE

Dispositivo electrónico encargado de convertir la señal eléctrica que le llega a través del ordenador en trenes de impulsos de características específicas. Es bivalente, es decir, también convierte trenes de impulsos recibidos en señales eléctricas reconocibles por el Pc. Esta tarjeta está contenida en una caja metálica diseñada para usos industriales. Físicamente es muy resistente y es perfectamente estanca. La tensión le llega vía USB a través del Pc.



Los trenes de impulsos generados en la tarjeta son muy específicos. Tienen una duración de $1,15 \mu s$ y están compuestos por impulsos unitarios de forma alterna cuadrada, cuya longitud de onda está comprendida entre 10 y 25 ns. Dependiendo de esta cantidad el número de impulsos unitarios contenidos en un tren de impulsos variará entre las 46 y 115 unidades. Las emisiones de estos trenes de ondas se producen con una frecuencia de 100 Hertzios. Cuando estos impulsos llegan al cristal piezoeléctrico del transductor lo hacen vibrar, generando de esa manera ultrasonidos.

En la figura anexa se explica gráficamente la forma de esos impulsos.



5.2. TRANSDUCTORES

Dispositivos en los cuales se produce la emisión y recepción de los ultrasonidos. En su interior tienen un cristal piezoeléctrico que al ser excitado eléctricamente comienza a vibrar a frecuencias del orden de veinte mega hertzios, generando así ultrasonidos con su frecuencia característica. Los trenes de impulsos que lo excitan son alternos cuadrados y se generan en la tarjeta UT-Mate. También es receptor, cuando el cristal contenido en el transductor es excitado por ultrasonidos genera señales eléctricas que devuelve a la tarjeta UT-Mate.



El diámetro del cristal determina la sección de salida de los ultrasonidos. Cuanto mayor sea el cristal mayor será el caudal de ultrasonidos generados, tendrá un área de emisión mayor. Por esta razón se compraron tres transductores, son de diámetros 3,6mm, 4,5mm y



6mm. Cada uno de ellos genera un flujo de ultrasonidos de diámetro diferente. El transductor de 6mm se utiliza en la inspección de puntos de soldadura de gran diámetro y espesor, el de 4,5mm en la inspección de puntos de soldadura de diámetro medio y el de 3,6mm en inspecciones de soldadura de pequeño diámetro.

El transductor consta de tres partes. En la primera de ellas esta contenido el cristal piezoeléctrico y la entrada del cable de la señal que lo excita. La segunda es un tubo cilíndrico hueco de 20mm de longitud. La razón por la cual tiene esa longitud es evitar el campo cercano, que es el espacio físico anexo al cristal piezoeléctrico donde se producen alteraciones que hacen que los ultrasonidos aún no sean estables. La tercera parte es el extremo que entra en contacto con el punto a inspeccionar. Es una tapa y en su extremo existe un agujero circular donde se coloca una membrana plástica que permite la salida de los ultrasonidos. Esta membrana entra en contacto con el punto de soldadura a inspeccionar y es plástica para adaptarse a la geometría del punto. Tienen que ser periódicamente sustituidas porque es relativamente fácil agujerearlas.

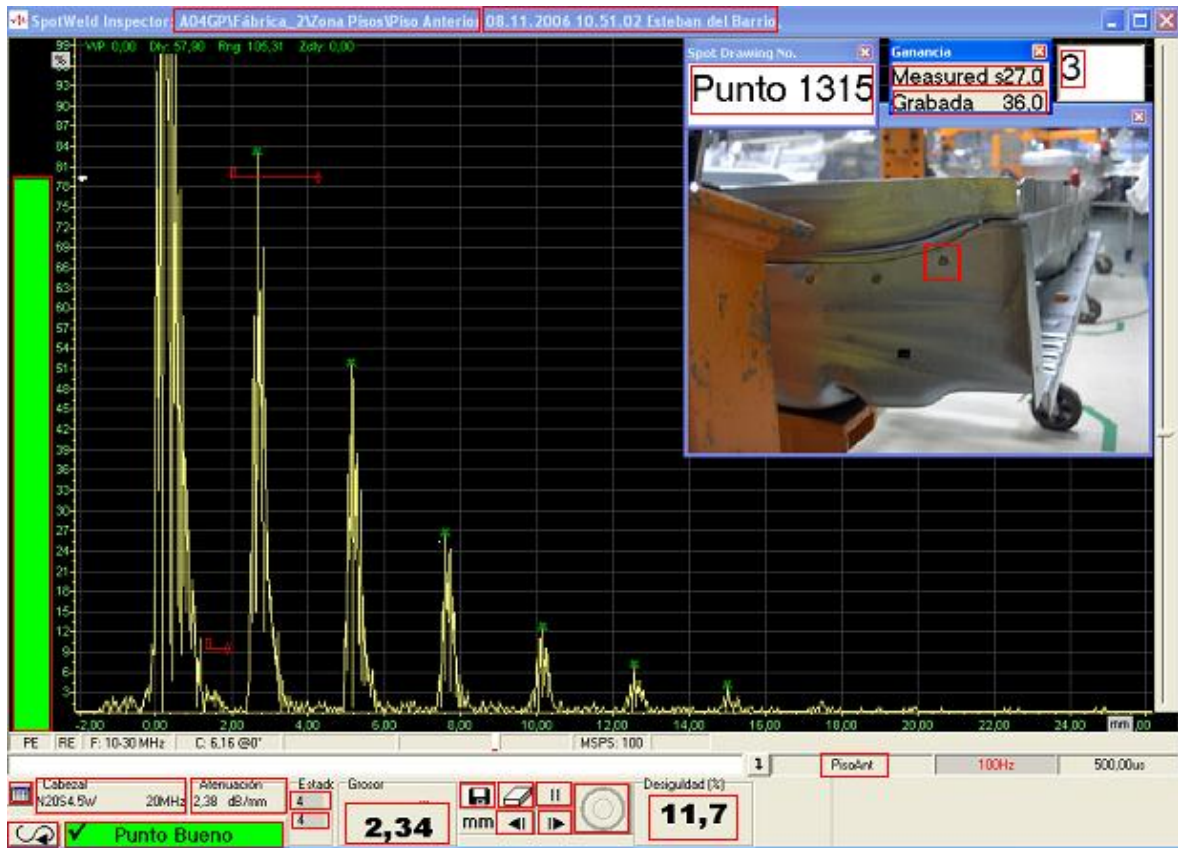
El transductor una vez montado se llena de agua. La razón es que el ultrasonido solo se puede propagar en un medio continuo, es decir, desde el cristal donde se generan los ultrasonidos hasta el punto de soldadura a inspeccionar debe existir un trayecto continuo de líquido. Para salvar la discontinuidad de líquido entre el punto a inspeccionar y el extremo final del transductor se utiliza un gel acoplante.

Los transductores tienen esta geometría tan característica para que los ultrasonidos generados en el cristal sean correctamente focalizados hacia la salida.

5.3. SOFTWARE SPOTWELD INSPECTOR 3.2.1

Es el programa informático que gestiona la emisión y recepción de los ultrasonidos. Genera una imagen interpretable de la señal que procede del punto inspeccionado y emite una valoración automática de su estado. Esta valoración automática ha de ser previamente calibrada y es menos fiable que la valoración personal del inspector. También guía al

operador indicándole que piezas y que puntos ha de inspeccionar según los diferentes planes de inspección previamente programados en él. Esto lo hace a través de texto e imágenes.



El software está pensado para ser instalado en cualquier ordenador comercial. En VW-Navarra ha sido instalado en un ordenador portátil para facilitar su traslado por las diferentes zonas del taller. Este ordenador es un Dell latitude D610 de 504Mb de memoria RAM con un procesador Intel Pentium de 1,86 GHz y el sistema operativo Windows XP.



6. DESARROLLO DEL TRABAJO

6.1 SELECCIÓN DE TRANSDUCTORES A UTILIZAR, CONFIGURACIONES Y DETERMINACIÓN DEL ORDEN DE INSPECCIÓN

El primer paso para la puesta en marcha del sistema de verificación es la determinación de los puntos a inspeccionar así como su orden de inspección, los transductores utilizados y las configuraciones de sintonización y valoración asociadas a cada punto. Estas tres características están relacionadas entre sí ya que dependen del espesor y naturaleza de las chapas.

6.1.1. DETERMINACIÓN DEL ORDEN DE INSPECCIÓN

El listado de puntos a inspeccionar ha sido proporcionado por VW-Navarra, y consta de 424 puntos de soldadura por resistencia. Ha sido necesario clasificar y ordenar todos los puntos a inspeccionar. Los puntos se han agrupado según la pieza y la combinación de chapas a la que pertenecen.

Análogamente se ha establecido un orden lógico de inspección para que el tiempo empleado en la verificación de las piezas sea el mínimo. Para ello se han tenido en cuenta dos criterios, el operador debe desplazarse lo mínimo posible alrededor de la pieza y los cambios del transductor utilizado en su sintonización deben ser los mínimos indispensables.

6.1.2. SELECCIÓN DE TRANSDUCTORES A UTILIZAR

Para seleccionar el transductor a utilizar hay que tener en cuenta que el sistema de verificación dice si un punto de soldadura es mayor o menor que el diámetro del palpador utilizado, no dice directamente el diámetro de la lenteja de soldadura. Por tanto hay que determinar el diámetro mínimo exigido para la lenteja de soldadura en cada combinación de chapas. Para ello hay que aplicar la siguiente formula:

$$\Phi_{\min} = 3,5 \times 1,15 \sqrt{\text{EspesorMínimo}(mm)}$$

Teniendo en cuenta el resultado anterior se debe elegir el palpador de tamaño más cercano a este valor siempre y cuando se encuentre por encima de él.

Se pueden dar tres casos a la hora de seleccionar un palpador para realizar una inspección:

- Palpador igual al diámetro mínimo: Situación ideal en la que no se producirá ningún error.
- Palpador mayor que el diámetro mínimo: En casos límite podríamos llegar a rechazar puntos buenos, pues serían desechados todos aquellos puntos que tuvieran un diámetro menor que el palpador. Esta situación no es crítica, y de hecho es habitual. Para tratar de reducir este error se debe ajustar lo máximo posible el tamaño del palpador al diámetro calculado mediante la fórmula. Rechazar un punto bueno es un mal menor. Un inconveniente adicional es que tendremos más ruido cuanto mas diferencia de tamaño exista.

Palpador menor que el diámetro mínimo: Es la situación mas problemática de todas, pues se podría llegar a aceptar como buenos puntos que no llegan al mínimo exigido, y esto si que tiene cierta gravedad. Es una situación a evitar a toda costa.

6.1.3. DETERMINACIÓN DE LAS CONFIGURACIONES A UTILIZAR

Los valores utilizados para la sintonización y valoración de los puntos a inspeccionar varían para cada combinación de chapas implicadas en el punto de soldadura. Aquellos puntos que pertenecen a combinaciones de chapas de igual espesor y material llevan asociados una misma configuración de sintonización UPR y una misma configuración de

valoración SWD. Por esta razón los puntos de soldadura han sido agrupados según las combinaciones de chapas a las que pertenecen. Se han obtenido así las diferentes configuraciones a programar.

6.1.4. RESULTADOS

Teniendo en cuenta los puntos anteriores se realizaron las siguientes tablas donde se determina el orden de inspección, el palpador a utilizar y la configuración asociada:

PISO ANTERIOR						
Nº punto	Espesor 1	Espesor 2	Diam min	Palpador	Orden Inspección	Configuración
1393	1,25	1,5	4,50	4,50	1	PisoAnt
1406	1,25	1,5	4,50	4,50	2	PisoAnt
1315	1,25	1,5	4,50	4,50	3	PisoAnt
1333	1,25	1,5	4,50	4,50	4	PisoAnt

PISO POSTERIOR						
Nº punto	Espesor 1	Espesor 2	Diam min	Palpador	Orden Inspección	Configuración
1278	0,8	1,5	3,60	3,6	1	PisPost1
1266	0,7	1,5	3,37	3,6	2	PisoPost5
1267	0,7	2	3,37	3,6	3	PisoPost6
1689	0,7	2	3,37	3,6	4	PisoPost6
1301	0,7	0,8	3,37	3,6	5	PisoPost7
1295	0,7	0,8	3,37	3,6	6	PisoPost7
1248	0,7	1,5	3,37	3,6	7	PisoPost5
1287	3	2	5,69	5,6	8	PisPost3
1285	3	2	5,69	5,6	9	PisPost3
1289	3	2	5,69	5,6	10	PisPost3
1288	3	2	5,69	5,6	11	PisPost3
1286	3	2	5,69	5,6	12	PisPost3



AUTOBASTIDOR I						
Nº punto	Espesor 1	Espesor 2	Diam min	Palpador	Orden Inspección	Configuración
1059	0,7	2	3,37	3,6	1	Autobast2
1060	0,7	2	3,37	3,6	2	Autobast2
1071	0,7	0,8	3,37	3,6	3	Autobast1
1052	0,7	2	3,37	3,6	4	Autobast1
1061	0,7	2	3,37	3,6	5	Autobast2
1062	0,7	2	3,37	3,6	6	Autobast2
1063	0,7	2	3,37	3,6	7	Autobast2
1684	0,7	2	3,37	3,6	8	Autobast2
1686	0,7	2	3,37	3,6	9	Autobast2
1687	0,7	2	3,37	3,6	10	Autobast2
1092	0,7	2	3,37	3,6	11	Autobast2
1691	0,7	2	3,37	3,6	12	Autobast2
1628	2,5	1,25	4,50	4,5	13	Autobast3
1030	2,5	1,25	4,50	4,5	14	Autobast3
1029	2,5	1,25	4,50	4,5	15	Autobast3
1028	2,5	1,25	4,50	4,5	16	Autobast3
1629	2,5	1,25	4,50	4,5	17	Autobast3
1027	2,5	1,25	4,50	4,5	18	Autobast3
1125	2,5	1,5	4,93	5,6	19	Autobast4
1627	2,5	1,5	4,93	5,6	20	Autobast4
1215	2,5	1,5	4,93	5,6	21	Autobast5
1214	2,5	1,5	4,93	5,6	22	Autobast4
1630	2,5	1,5	4,93	5,6	23	Autobast4
1212	2,5	1,5	4,93	5,6	24	Autobast4
1631	2,5	1,5	4,93	5,6	25	Autobast4
1047	2,5	1,5	4,93	5,6	26	Autobast4
1624	2,5	1,5	4,93	5,6	27	Autobast4
1191	2,5	1,5	4,93	5,6	28	Autobast4
1190	2,5	1,5	4,93	5,6	29	Autobast4
1621	2,5	1,5	4,93	5,6	30	Autobast4
1188	2,5	1,5	4,93	5,6	31	Autobast4
1620	2,5	1,5	4,93	5,6	32	Autobast4
1024	2,5	1,5	4,93	5,6	33	Autobast4



1623	2,5	1,25	4,50	4,5	34	Autobast3
1005	2,5	1,25	4,50	4,5	35	Autobast3
1004	2,5	1,25	4,50	4,5	36	Autobast3
1003	2,5	1,25	4,50	4,5	37	Autobast3
1622	2,5	1,25	4,50	4,5	38	Autobast3
1002	2,5	1,25	4,50	4,5	39	Autobast3

AUTOBASTIDOR II							
Nº punto	Espesor 1	Espesor 2	Espesor 3	Diam min	Palpador	Orden Inspección	Configuración
2986	1	2		4,03	4,5	1	AutobastII 1
2789	1	2		4,03	4,5	2	AutobastII 1
2788	1	2		4,03	4,5	3	AutobastII 1
2741	0,75	2		3,49	3,6	4	AutobastII 2
2796	1	0,8	0,9	3,60	3,6	5	AutobastII 3
2876	1	0,8	0,9	3,60	3,6	6	AutobastII 4
2795	1	0,8	0,9	3,60	3,6	7	AutobastII 3
2875	1	0,8	0,9	3,60	3,6	8	AutobastII 4
2794	1	0,8	0,9	3,60	3,6	9	AutobastII 3
2791	0,8	0,9		3,60	3,6	10	AutobastII 4
2733	1,25	0,8		3,60	3,6	11	AutobastII 5
2732	1,25	0,8		3,60	3,6	12	AutobastII 5
2731	1,25	0,8		3,60	3,6	13	AutobastII 5
2673	1,25	0,8		3,60	3,6	14	AutobastII 5
2672	1,25	0,8		3,60	3,6	15	AutobastII 5
2671	1,25	0,8		3,60	3,6	16	AutobastII 5
2670	1,25	0,8		3,60	3,6	17	AutobastII 5
2669	1,25	0,8		3,60	3,6	18	AutobastII 5
2668	1,25	0,8		3,60	3,6	19	AutobastII 5
2550	1,2	0,8		3,60	3,6	20	AutobastII 6
2551	1,2	0,8		3,60	3,6	21	AutobastII 6
2552	1,4	1,4		4,8	5	22	AutobastII 7
2553	1,4	1,4		4,8	5	23	AutobastII 7
2554	1,4	1,4		4,8	5	24	AutobastII 7
2902	1,4	1,4		4,8	5	25	AutobastII 7



2901	1,4	3		4,80	5	26	AutobastII 8
2766	0,7	0,7		3,37	3,6	27	AutobastII 9
2764	0,7	0,8		3,37	3,6	28	AutobastII 10
2763	0,7	0,8		3,37	3,6	29	AutobastII 10
2762	0,7	0,8		3,37	3,6	30	AutobastII 10
2689	0,7	0,8		3,37	3,6	31	AutobastII 10
2688	0,7	0,8		3,37	3,6	32	AutobastII 10
2687	0,7	0,8		3,37	3,6	33	AutobastII 10
2685	0,7	0,7		3,37	3,6	34	AutobastII 9
2935	1,4	3		4,8	5	35	AutobastII 11
2936	1,4	3		4,8	5	36	AutobastII 11
2937	1,4	3		4,8	5	37	AutobastII 12
2939	1,5	3		4,9	5	38	AutobastII 12
2899	1,5	3		4,9	5	39	AutobastII 12
2900	1,5	3		4,9	5	40	AutobastII 12
2938	1,4	1,4		4,8	5	41	AutobastII 7
2519	1,4	1,4		4,8	5	42	AutobastII 7
2518	1,4	1,4		4,8	5	43	AutobastII 7
2517	1,4	1,4		4,8	5	44	AutobastII 7
2516	1,2	0,8		3,60	3,6	45	AutobastII 6
2515	1,2	0,8		3,60	3,6	46	AutobastII 6
2587	1,25	0,8		3,60	3,6	47	AutobastII 5
2588	1,25	0,8		3,60	3,6	48	AutobastII 5
2589	1,25	0,8		3,60	3,6	49	AutobastII 5
2590	1,25	0,8		3,60	3,6	50	AutobastII 5
2591	1,25	0,8		3,60	3,6	51	AutobastII 5
2592	1,25	0,8		3,60	3,6	52	AutobastII 5
2707	1,25	0,8		3,60	3,6	53	AutobastII 5
2708	1,25	0,8		3,60	3,6	54	AutobastII 5
2709	1,25	0,8		3,60	3,6	55	AutobastII 5
2816	0,8	0,9		3,60	3,6	56	AutobastII 4
2818	1	0,8	0,9	3,60	3,6	57	AutobastII 3
2947	0,8	0,9		3,60	3,6	58	AutobastII 4
2819	1	0,8	0,9	3,60	3,6	59	AutobastII 3
2948	0,8	0,9		3,60	3,6	60	AutobastII 4
2820	1	0,8	0,9	3,60	3,6	61	AutobastII 3
2717	2	0,75		3,49	3,6	62	AutobastII 2
2812	1	2		4,03	4,5	63	AutobastII 1



SALPICADERO						
Nº punto	Espesor 1	Espesor 2	Diam min	Palpador	Orden Inspección	Configuración
2313	1,5	0,7	3,37	3,5	1	Salpicadero1
2311	1,5	0,7	3,37	3,5	2	Salpicadero1
2240	0,7	0,8	3,37	3,5	3	Salpicadero3
2250	0,7	0,8	3,37	3,5	4	Salpicadero4
2231	0,7	0,8	3,37	3,5	5	Salpicadero2
2209	0,7	0,8	3,37	3,5	6	Salpicadero2
2202	0,7	0,8	3,37	3,5	7	Salpicadero2
2211	0,7	0,8	3,37	3,5	8	Salpicadero2
2212	0,7	0,8	3,37	3,5	9	Salpicadero2
2203	0,7	0,8	3,37	3,5	10	Salpicadero2
2213	0,7	0,8	3,37	3,5	11	Salpicadero2
2230	0,7	0,8	3,37	3,5	12	Salpicadero2
2229	0,7	0,8	3,37	3,5	13	Salpicadero2
2204	0,7	0,8	3,37	3,5	14	Salpicadero2
2214	0,7	0,8	3,37	3,5	15	Salpicadero2
2205	0,7	0,8	3,37	3,5	16	Salpicadero2
2215	0,7	0,8	3,37	3,5	17	Salpicadero2
2216	0,7	0,8	3,37	3,5	18	Salpicadero2
2217	0,7	0,8	3,37	3,5	19	Salpicadero2
2206	0,7	0,8	3,37	3,5	20	Salpicadero2
2218	0,7	0,8	3,37	3,5	21	Salpicadero2
2228	0,7	0,8	3,37	3,5	22	Salpicadero2
2254	0,7	0,8	3,37	3,5	23	Salpicadero4
2243	0,7	0,8	3,37	3,5	24	Salpicadero3
2316	0,7	1,5	3,37	3,5	25	Salpicadero1
2314	0,7	1,5	3,37	3,5	26	Salpicadero1



LATERAL DERECHO 2P						
Nº punto	Espesor 1	Espesor 2	Diam min	Palpador	Orden Inspección	Configuración
3220	0,75	1	3,49	3,5	1	Lateral1
3286	0,75	1	3,49	3,5	2	Lateral1
3401	0,75	1	3,49	3,5	4	Lateral1
3221	0,75	1	3,49	3,5	5	Lateral1
3252	0,75	1	3,49	3,5	6	Lateral1
3254	0,75	1	3,49	3,5	7	Lateral1
3217	0,75	1	3,49	3,5	8	Lateral1
3288	0,75	1,5	3,49	3,5	9	Lateral3
3287	0,75	1,5	3,49	3,5	10	Lateral3
3226	0,75	1,5	3,49	3,5	11	Lateral3
3255	0,75	1,5	3,49	3,5	12	Lateral3
3258	0,75	1,5	3,49	3,5	13	Lateral3
3259	0,75	1,5	3,49	3,5	14	Lateral3
3260	0,75	1,5	3,49	3,5	15	Lateral3
3261	0,75	1,5	3,49	3,5	16	Lateral3
3227	0,75	1,5	3,49	3,5	17	Lateral3
3228	0,75	1,5	3,49	3,5	18	Lateral3
3262	0,75	1,5	3,49	3,5	19	Lateral3
3232	0,75	1,5	3,49	3,5	20	Lateral3
3402	0,75	1,5	3,49	3,5	21	Lateral3
3263	0,75	1,5	3,49	3,5	22	Lateral3
3264	0,75	1,5	3,49	3,5	23	Lateral3
3229	0,75	1,5	3,49	3,5	24	Lateral3



LATERAL IZQUIERDO 2P						
Nº punto	Espesor 1	Espesor 2	Diam min	Palpador	Orden Inspección	Configuración
4220	0,75	1	3,49	3,5	1	Lateral1
4286	0,75	1	3,49	3,5	2	Lateral1
4401	0,75	1	3,49	3,5	4	Lateral1
4221	0,75	1	3,49	3,5	5	Lateral1
4252	0,75	1	3,49	3,5	6	Lateral1
4254	0,75	1	3,49	3,5	7	Lateral1
4217	0,75	1	3,49	3,5	8	Lateral1
4288	0,75	1,5	3,49	3,5	9	Lateral3
4287	0,75	1,5	3,49	3,5	10	Lateral3
4226	0,75	1,5	3,49	3,5	11	Lateral3
4255	0,75	1,5	3,49	3,5	12	Lateral3
4258	0,75	1,5	3,49	3,5	13	Lateral3
4259	0,75	1,5	3,49	3,5	14	Lateral3
4260	0,75	1,5	3,49	3,5	15	Lateral3
4261	0,75	1,5	3,49	3,5	16	Lateral3
4227	0,75	1,5	3,49	3,5	17	Lateral3
4228	0,75	1,5	3,49	3,5	18	Lateral3
4262	0,75	1,5	3,49	3,5	19	Lateral3
4232	0,75	1,5	3,49	3,5	20	Lateral3
4402	0,75	1,5	3,49	3,5	21	Lateral3
4263	0,75	1,5	3,49	3,5	22	Lateral3
4264	0,75	1,5	3,49	3,5	23	Lateral3
4229	0,75	1,5	3,49	3,5	24	Lateral3



LATERAL DERECHO 4P						
Nº punto	Espesor 1	Espesor 2	Diam min	Palpador	Orden Inspección	Configuración
3508	0,75	1	3,49	3,5	1	Lateral1
3509	0,75	1	3,49	3,5	2	Lateral1
3272	0,75	1	3,49	3,5	4	Lateral1
3500	0,75	1	3,49	3,5	5	Lateral1
3511	0,75	1	3,49	3,5	6	Lateral1
3513	0,75	1	3,49	3,5	7	Lateral1
3512	0,75	1	3,49	3,5	8	Lateral1
3503	0,75	1,5	3,49	3,5	9	Lateral2
3502	0,75	1,5	3,49	3,5	10	Lateral2
3582	0,75	1,5	3,49	3,5	11	Lateral3
3583	0,75	1,5	3,49	3,5	12	Lateral3
3584	0,75	1,5	3,49	3,5	13	Lateral3
3585	0,75	1,5	3,49	3,5	14	Lateral3
3586	0,75	1,5	3,49	3,5	15	Lateral3
3587	0,75	1,5	3,49	3,5	16	Lateral3
3588	0,75	1,5	3,49	3,5	17	Lateral3
3589	0,75	1,5	3,49	3,5	18	Lateral3
3971	0,75	1,5	3,49	3,5	19	Lateral3
3591	0,75	1,5	3,49	3,5	20	Lateral3
3592	0,75	1,5	3,49	3,5	21	Lateral3
3593	0,75	1,5	3,49	3,5	22	Lateral3
3271	0,75	1,5	3,49	3,5	23	Lateral3
3594	0,75	1,5	3,49	3,5	24	Lateral3
3597	0,75	1,5	3,49	3,5	25	Lateral3
3598	0,75	1,5	3,49	3,5	26	Lateral3
3599	0,75	1,5	3,49	3,5	27	Lateral3



LATERAL IZQUIERDO 4P						
Nº punto	Espesor 1	Espesor 2	Diam min	Palpador	Orden Inspección	Configuración
4508	0,75	1	3,49	3,5	1	Lateral1
4509	0,75	1	3,49	3,5	2	Lateral1
4272	0,75	1	3,49	3,5	4	Lateral1
4500	0,75	1	3,49	3,5	5	Lateral1
4511	0,75	1	3,49	3,5	6	Lateral1
4513	0,75	1	3,49	3,5	7	Lateral1
4512	0,75	1	3,49	3,5	8	Lateral1
4503	0,75	1,5	3,49	3,5	9	Lateral2
4502	0,75	1,5	3,49	3,5	10	Lateral2
4582	0,75	1,5	3,49	3,5	11	Lateral3
4583	0,75	1,5	3,49	3,5	12	Lateral3
4584	0,75	1,5	3,49	3,5	13	Lateral3
4585	0,75	1,5	3,49	3,5	14	Lateral3
4586	0,75	1,5	3,49	3,5	15	Lateral3
4587	0,75	1,5	3,49	3,5	16	Lateral3
4588	0,75	1,5	3,49	3,5	17	Lateral3
4589	0,75	1,5	3,49	3,5	18	Lateral3
4971	0,75	1,5	3,49	3,5	19	Lateral3
4591	0,75	1,5	3,49	3,5	20	Lateral3
4592	0,75	1,5	3,49	3,5	21	Lateral3
4593	0,75	1,5	3,49	3,5	22	Lateral3
4271	0,75	1,5	3,49	3,5	23	Lateral3
4594	0,75	1,5	3,49	3,5	24	Lateral3
4597	0,75	1,5	3,49	3,5	25	Lateral3
4598	0,75	1,5	3,49	3,5	26	Lateral3
4599	0,75	1,5	3,49	3,5	27	Lateral3



MASCARON 2P						
Nº punto	Espesor 1	Espesor 2	Diam min	Palpador	Orden Inspección	Configuración
5162	0,8	0,8	3,60	3,5	1	Mascaron1
5161	0,8	0,8	3,60	3,5	2	Mascaron1
5160	0,8	0,8	3,60	3,5	4	Mascaron1
5159	0,8	0,8	3,60	3,5	5	Mascaron1
5130	0,8	1,5	3,60	3,5	6	Mascaron2
5131	0,8	1,5	3,60	3,5	7	Mascaron2
5060	0,8	1,5	3,60	3,5	8	Mascaron2
5059	0,8	1,5	3,60	3,5	9	Mascaron2
5034	0,8	0,8	3,60	3,5	10	Mascaron1
5035	0,8	0,8	3,60	3,5	11	Mascaron1
5036	0,8	0,8	3,60	3,5	12	Mascaron1
5037	0,8	0,8	3,60	3,5	13	Mascaron1

MASCARON 4P						
Nº punto	Espesor 1	Espesor 2	Diam min	Palpador	Orden Inspección	Configuración
5448	0,8	0,8	3,60	3,5	1	Mascaron1
5447	0,8	0,8	3,60	3,5	2	Mascaron1
5446	0,8	0,8	3,60	3,5	4	Mascaron1
5445	0,8	0,8	3,60	3,5	5	Mascaron1
5344	0,8	1,5	3,60	3,5	6	Mascaron2
5345	0,8	1,5	3,60	3,5	7	Mascaron2
5426	0,8	1,5	3,60	3,5	8	Mascaron2
5425	0,8	1,5	3,60	3,5	9	Mascaron2
5327	0,8	0,8	3,60	3,5	10	Mascaron1
5328	0,8	0,8	3,60	3,5	11	Mascaron1
5329	0,8	0,8	3,60	3,5	12	Mascaron1
5330	0,8	0,8	3,60	3,5	13	Mascaron1

6.2. DETERMINACION DE LAS VELOCIDADES DE TRANSMISIÓN DEL SONIDO

El siguiente paso realizado fue calcular las velocidades de transmisión de las piezas implicadas en las uniones soldadas. Cada tipo de acero tiene su propia velocidad ya que esta depende de la microestructura y del recubrimiento externo aplicado.

Para trabajar correctamente con el equipo ultrasónico es necesario conocer las velocidades de transmisión del sonido a través del metal a inspeccionar. La aplicación hace los cálculos de espesor multiplicando la velocidad de transmisión por el tiempo transcurrido entre la recepción de dos señales.

Sintetizando calcular la velocidad de transmisión consiste en medir con el equipo ultrasónico chapas de espesores conocidos.

6.2.1. CALCULO DE VELOCIDADES DE TRANSMISIÓN EN CHAPAS INDIVIDUALES.

El procedimiento es el siguiente:

1. Determinar el espesor real de la placa con una precisión de centésimas de milímetro. Hay diferentes instrumentos para realizar esta operación, pero el que ha demostrado ser mas eficaz y preciso es el medidor de espesores utilizado en el taller de chapistería para la medición de la cota cero en procesos de embutición.

2. Abrir la aplicación y cargar la configuración correspondiente a cálculo de velocidad de espesores.

3. Capturar una señal procedente de la chapa cuyo espesor queremos calcular.

4. Situar sobre dos ecos consecutivos de la señal recibida las puertas de captura que aparecen en pantalla. La aplicación medirá el tiempo transcurrido entre la recepción de esas dos señales. Estas se corresponden con un único viaje del sonido a través de la chapa a inspeccionar, un viaje de pared a pared.





5. Dentro de la caja de herramientas ultrasónica, en la pestaña *Base Tpo* y dentro de *material*, pulsar el icono *Cal*, se desplegará la ventana mostrada a la derecha.
6. En la mitad superior seleccionar la opción *velocidad*.
7. Pulsar *Cal* y en *velocidad* aparecerá una primera aproximación al valor de la velocidad de transmisión.
8. Cargar la velocidad recién calculada y sintonizar nuevamente el punto de la chapa en el que hemos medido el espesor real y observar el valor del espesor indicado por la aplicación. Si se corresponde con el valor real la velocidad calculada es la correcta, si no es así el valor de la velocidad deberá ser modificado hasta que el valor medido por la aplicación coincida con el valor real.

6.2.2. CALCULO DE VELOCIDADES DE TRANSMISIÓN EN COMBINACIONES DE CHAPAS.

Los puntos de soldadura por resistencia son aplicados sobre combinaciones de dos o tres chapas. Lo más habitual es que esas chapas tengan diferentes velocidades de transmisión, por lo que la velocidad de transmisión a través del punto de soldadura será una combinación de los valores de las chapas que conforman ese punto.

Para determinar la velocidad de una unión soldada deben ser conocidas las velocidades individuales de transmisión del sonido de las chapas que la conforman. Ese proceso ha sido explicado previamente.

En el caso de uniones soldadas de dos chapas se aplica la siguiente formula:

$$V = \frac{(T1 \times V1) + (T2 \times V2)}{(T1 + T2)}$$

V: Velocidad de transmisión de la unión soldada.

T1, T2: Espesores reales de las chapas.

V1, V2: Velocidades de transmisión de las chapas.



En el caso de uniones soldadas de tres chapas aplicar la siguiente formula:

$$V = \frac{(T1 \times V1) + (T2 \times V2) + (T3 \times V3)}{(T1 + T2 + T3)}$$

V: Velocidad de transmisión de la unión.

T1, T2, T3: Espesores reales de las chapas.

V1, V2, V3: Velocidades de transmisión.

6.2.3. RESULTADOS

Teniendo en cuenta el cálculo de la velocidad se realizó la siguiente tabla. Fueron calculadas las velocidades de transmisión de todas las combinaciones de chapas existentes en el listado de puntos a inspeccionar. Recordar que cada combinación de chapas tiene asociado un parámetro de configuración UPR y SWD. Este es aplicado a todos los puntos de soldadura presentes en esa combinación.



Conjunto	Configuraciòn	Subconjunto 1	V1	Subconjunto2	V2	V3	V
Piso Anterior	PisoAnt	EspadaAnt	6,25	SemipisoAnt	6,17		6,16
Piso Posterior	PisoPost1	LargeroPost_Fino	6,18	Tambor	6,55		6,32
	PisoPost2	Orejeta	5,92	LargeroPost_Grueso	6,1		5,99
	PisoPost3	Asiento	6,33	TravesaPisoTrasero	5,99		6,19
	PisoPost4	LargeroPost_Lateral	6,18	TravesaPisoTrasero	5,99		6,07
	PisoPost5	Asiento	6,33	LargeroPost_Lateral	6,18		6,23
	PisoPost6	Asiento	6,33	TravesaPisoTrasero	5,99		6,08
	PisoPost7	Asiento	6,33	Cuña_EstPort	6,2		6,26
Autobastidor 1	Autobast1	Tambor	6,55	TravesaPisoTrasero	5,99		6,17
	Autobast2	Asiento	6,33	TravesaPisoTrasero	5,99		6,08
	Autobast3	EspadaAnt	6,25	LargeroAnterior	6,1		6,15
	Autobast4	SemipisoAnt	6,17	LargeroAnterior	6,1		6,13
Autobastidor 2	AutobastII 1	PasoRued_Pletina	6	Aleron_EstPortante	6,25		6,08
	AutobastII 2	PasoRued_Princ	6,35	Presilla_Asiento	6,25		6,28
	AutobastII 3	PasoRued_Prolonga	6,3	SemipisoAnt	6,15	6,3	6,26
	AutobastII 4	PasoRued_Prolonga	6,3	SemipisoAnt	6,15		6,23
	AutobastII 5	TravesaAsiento	6,15	SemipisoAnt_	6,15		6,15
	AutobastII 6	SemipisoAnt_Fino	6,15	Tunel	6,2		6,18
	AutobastII 7	SemipisoAnt	6,17	Tunel	6,2		6,18
	AutobastII 8	MarcoSalpicadero	6	SemipisoAnt	6,17	6,1	6,07
	AutobastII 9	Cortavientos	6,5	PasoRued_Delant	6,1		6,30
	AutobastII 10	Cortavientos	6,5	Caja_Aguas_Salp	6,15		6,32
	AutobastII 11	MarcoSalpicadero	6	SemipisoAnt	6,17		6,06
	AutobastII 12	MarcoSalpicadero	6	Tunel	6,2		6,07
Salpicadero	Salpicadero1	MontanteA_Salp	5,96	Marco_Salp	6,4		6,10
	Salpicadero2	Caja_Aguas_Salp	6,15	Marco_Salp	6,4		6,31
	Salpicadero3	Cortavientos_Superior	6,5	Caja_Aguas_Salp	6,15		6,32
	Salpicadero4	Cortavientos_Superior	6,5	Caja_Aguas_Salp	6,15		6,26
Lateral	Lateral1	Sabana	6,34	Pescadilla	6,32		6,33
	Lateral2	Sabana	6,34	Cerradura	6		6,11
	Lateral 3	Sabana	6,34	Refuerzo Talonera	6		6,05
Estructura Portante	EstPort1	LargeroPost_Grueso	6,1	Orejeta	5,92		5,98
	EstPort2	TravesaPisoTrasero	5,99	LargeroPost_Lat	6,18		6,07
Mascaron 2P/4P	Mascaron 1	Lateral_Piloto	6,45	Faldon	6,5		6,48
	Mascaron 2	Cimbra	6,15	Techo	6,5		6,27

6.3. DETERMINACIÓN DE LOS PARAMETROS DE SINTONIZACIÓN AUTOMÁTICA UPR

Para que la aplicación ultrasónica sintonice correctamente los puntos a inspeccionar necesita conocer el espesor real de las chapas a inspeccionar, la ganancia a utilizar y la velocidad de transmisión del sonido, que fue calculada anteriormente.

Por tanto el siguiente paso fue la medición del espesor real de las chapas implicadas en punto exacto donde han sido aplicados los puntos de soldadura. Debido a los procesos de estampación este espesor es diferente al espesor teórico.

Para calcular los espesores reales se ha utilizado el aparato de ultrasonidos puesto que previamente han sido calculadas las velocidades de transmisión en cada una de las chapas. El proceso consiste en la indicar a la aplicación la velocidad de transmisión de la chapa que va a ser medida y tomar una señal de ella, la aplicación devuelve su espesor real.

La ganancia es el valor de amplificación en decibelios que la aplicación necesita para sintonizar correctamente un punto. Aprovechando que han sido sintonizadas señales procedentes de todas las chapas se tomó nota de las ganancias aplicadas.

Los datos que han sido utilizados para la programación de las distintas configuraciones UPR han sido los siguientes:

UPR	T1	T2	T3	Gain	V
PisoAnt	1,14	1,37	0	31,2	6,16
PisoPost1	1,37	0,73	0	29	6,32
PisoPost2	2,95	1,61	0	36	5,99
PisoPost3	2,95	1,93	0	38,4	6,19
PisoPost4	1,4	1,93	0	31,4	6,07
Salpicadero1	1,4	0,6	0	28,2	6,10
Salpicadero2	0,58	0,7	0	26,2	6,31
Autobast1	0,79	1,87	0	33,2	6,17
Autobast2	0,79	1,96	0	33,2	6,08
Autobast3	1,17	2,4	0	37	6,15
Autobast4	1,37	2,4	0	35	6,13



UPR	T1	T2	T3	Gain	V
AutobastII 4	0,79	0,64	0	27	6,23
AutobastII 5	1,2	0,7	0	27	6,15
AutobastII 6	0,73	1,37	0	32	6,18
AutobastII 7	1,37	1,35	0	27	6,18
AutobastII 8	2,9	1,37	0,88	32	6,07
AutobastII 9	0,63	0,63	0	27	6,3
AutobastII 10	0,63	0,73	0	27	6,32
AutobastII 11	2,78	1,4	0	32	6,06
AutobastII 12	0,64	0,91	0	32	6,07
Lateral1	0,64	0,91	0	32	6,33
Lateral2	0,64	1,43	0	27	6,11
Lateral3	0,64	1,43	0	32	6,05
Mascaron1	0,8	0,8	0	27	6,48
Mascaron2	0,8	1,5	0	27	6,27
AutobastII 3	0,79	0,64	0,88	32	6,26
AutobastII 1	1,87	0,97	0	32	6,08
AutobastII 2	0,64	1,9	0	32	6,28

6.4. DETERMINACIÓN DE LOS PARAMETROS DE VALORACIÓN AUTOMÁTICA SWD

Los parámetros SWD son aquellos que utiliza la aplicación para la evaluación automática de la señal una vez que esta ha sido capturada. Por tanto el siguiente paso fue la determinación de los parámetros de valoración automática SWD.

El significado y utilidad de los diferentes parámetros que han sido calculados es el siguiente:

- Umbral de ruido: Establece el nivel horizontal a partir del cual la señal es tomada en cuenta por la aplicación para ser evaluada, todo lo que esté situado bajo ese nivel no se tiene en cuenta. Esta opción está pensada para desechar la parte de señal que se corresponde con el ruido

Para establecer el umbral de ruido es necesario observar el nivel medio de ruido que se corresponde a diferentes puntos buenos sintonizados en condiciones normales de trabajo y ganancia. El umbral de ruido será la media de estos valores.

- Grosor Mínimo: Establece el grosor mínimo que se le exige a un punto de soldadura para que sea aceptado como bueno. Puntos con espesores inferiores a este valor son considerados puntos aplastados

Para determinar el grosor mínimo seguimos la normativa Volkswagen que dice que el grosor mínimo aceptable de una unión soldada mediante resistencia es el ochenta por ciento del espesor suma total de ambas chapas. Por lo tanto para determinar el grosor mínimo hay que conocer el espesor real de las chapas a inspeccionar. Su valor será el ochenta por ciento de la suma de espesores de ambas chapas.

- Grosor Máximo: Establece el grosor máximo exigible a un punto de soldadura para que sea considerado como bueno. Puntos con espesores superiores a este valor serán considerados como defectuosos.

El grosor máximo será el correspondiente al espesor real total de las chapas a inspeccionar más un diez por ciento. Este diez por ciento se añade en previsión de pequeñas fluctuaciones en el espesor real de las chapas atribuibles al proveedor. Por tanto el espesor máximo será el valor correspondiente al ciento diez por ciento del espesor suma real de las chapas a inspeccionar.

- Tolerancia: Establece un área de exclusión entorno a los backwalls o ecos de pared que no será tomada en cuenta a la hora de valorar la señal. Este área de exclusión a de ser igual a la anchura de la base del backwall. En esta zona la aplicación no situará ni picos centrales ni picos laterales puesto que todo lo contenido ahí será considerado ruido.

El valor que debe tomar está siempre situado entre el diez y el trece por ciento de la suma de los espesores reales de las chapas a unir.

- THU y CPU_Max: Estos conceptos son los que definen las características propias de un punto pequeño. THU es el nivel por debajo del cual los picos centrales no son tenidos en cuenta por la aplicación a la hora de evaluar si un punto es pequeño y CPU_Max es el



número máximo de picos centrales que pueden estar presentes en un punto bueno a partir del nivel THU.

Toda señal que tenga a partir del nivel especificado en THU un numero de picos centrales superior al especificado en CPU_Max será considerado por la evaluación automática de la aplicación como punto inferior o punto pequeño. La forma de determinar estos valores es mediante la sintonización de puntos buenos.

– THD y CPD_Max: Estos conceptos establecen características específicas de un punto defectuoso. THD es el nivel por debajo del cual los picos centrales no son tenidos en cuenta por la aplicación a la hora de evaluar si un punto es defectuoso y CPU_Max es el número máximo de picos centrales que pueden estar presentes en un punto bueno a partir del nivel THD.

Toda señal que tenga a partir del nivel especificado en THD un numero de picos centrales superior al especificado en CPD_Max será considerado por la evaluación automática de la aplicación como punto defectuoso. La presencia de picos centrales a partir de niveles cercanos al quince por ciento suele ser síntoma inequívoco de punto suelto. Por esta razón THD tendrá valores comprendidos entre el 12% y 20% y CPD_Max no será mayor que dos. El árbol de decisión da prioridad a punto defectuoso frente a punto pequeño, por tanto si CPU_Max y CPD_Max son superados simultáneamente la aplicación clasificará esa señal como defectuosa.

– SP_Max: Es el máximo número de picos laterales (picos rojos) que pueden estar presentes en un punto bueno. Los puntos defectuosos necesitan una ganancia superior a la habitual para ser sintonizados. Esto provoca un aumento de ruido que desemboca en un aumento de la presencia de picos laterales. Por tanto una presencia de picos laterales superior a la habitual puede ser indicativa de punto defectuoso. La cantidad habitual de estos picos no suele ser superior a dos unidades.

– CPT: Este valor establece la zona central de espacio entre backwalls dentro de la cual pueden estar situados los picos centrales. Por definición entre dos backwalls consecutivos únicamente podrá haber un único pico central, siendo estos picos centrales los principales para valorar una señal. El pico central será el de mayor amplitud situado en la zona

definida por CPT y el resto de puntos, tanto los de este espacio central como los del resto de espacio entre backwalls, serán picos laterales. Para situar este espacio la aplicación actúa de la siguiente forma: calcula el punto central entre dos backwalls consecutivos y establece a ambos lados del punto central dos espacios de longitud igual al valor resultante de multiplicar la distancia entre los esos backwalls por el porcentaje definido en CPT.

- Ecos máximos y mínimos: En este apartado se determina el número máximo y mínimo de backwalls que debe tener una señal para ser considerada como punto bueno. Puntos con un número de backwalls inferior al exigido serán puntos quemados (siempre y cuando el punto no sea considerado defectuoso por otros motivos) y puntos con un número mayor de backwalls serán considerados defectuosos.

Para determinar los valores máximos y mínimos se debe observar las señales correspondientes a una serie de puntos buenos. Posteriormente se establecerá que señal es la que mas backwalls tiene y la que menos. El valor correspondiente a Cantidad máxima será el valor máximo de ecos observados mas uno y el valor correspondiente a Cantidad mínima será el número de ecos observado menos uno.

- Atenuación umbral: La atenuación de la señal es la media de las pendientes de todas las rectas que unen cada backwall con su sucesivo. Gráficamente sería la rapidez con que una señal decae. Todas las señales que se corresponden con puntos buenos tienen su atenuación contenida en un intervalo determinado. Para establecer ese intervalo bastará con observar las señales correspondientes a una serie de puntos buenos y determinar los valores límites de las atenuaciones observadas. No se ha mostrado especialmente eficaz este parámetro por tanto no ha sido programado.

Todos los puntos presentes en una misma combinación de chapas tienen la misma configuración SWD. Por tanto combinación por combinación se procedió a la inspección de series largas de puntos obteniendo así los siguientes datos:



SWD	Ruido	Grosor Min	Grosor Max	Tolerancia	THU	THD
PisoAnt	5	1,96	2,76	0,38	8	12
PisoPost1	5	1,64	2,31	0,33	7	9
PisoPost2	6	3,56	5,02	0,68	8	12
PisoPost3	7	3,81	5,37	0,73	7	9
PisoPost4	5	2,60	3,66	0,50	7	9
Salpicadero1	5	1,56	2,20	0,30	7	9
Salpicadero2	5	1,00	1,41	0,21	7	14
Autobast1	5	2,07	2,93	0,40	7	9
Autobast2	5	2,15	3,03	0,41	7	9
Autobast3	6	2,78	3,93	0,54	7	9
Autobast4	6	2,94	4,15	0,57	8	10
AutobastII 1	5	2,22	3,12	0,43	5	8
AutobastII 2	5	1,98	2,79	0,38	5	8
AutobastII 3	5	1,80	2,54	0,35	5	8
AutobastII 4	5	1,12	1,57	0,21	5	8
AutobastII 5	5	1,48	2,09	0,29	5	8
AutobastII 6	5	1,64	2,31	0,32	5	8
AutobastII 7	5	2,12	2,99	0,41	5	8
AutobastII 8	5	3,33	4,70	0,64	5	8
AutobastII 9	5	0,98	1,39	0,19	5	8
AutobastII 10	5	1,06	1,50	0,20	5	8
AutobastII 11	5	3,26	4,60	0,63	5	8
Lateral1	5	1,21	1,71	0,23	5	8
Lateral2	5	1,61	2,28	0,31	5	8
Lateral3	5	1,61	2,28	0,31	5	8
Mascaron1	5	1,25	1,76	0,24	5	8
Mascaron2	5	1,79	2,53	0,35	5	8



SWD	CPU Max	CPD Max	Sp Max	CPT	Eco Max	Eco Min	Aten.
PisoAnt	2	4	3	20	7	2	0
PisoPost1	2	4	3	20	7	1	0
PisoPost2	2	4	3	20	7	1	0
PisoPost3	2	4	3	20	6	1	0
PisoPost4	2	4	3	20	6	1	0
Salpicadero1	2	4	3	20	7	1	0
Salpicadero2	3	2	2	20	7	1	0
Autobast1	2	2	3	20	6	1	0
Autobast2	2	4	3	20	6	1	0
Autobast3	2	4	3	20	7	1	0
Autobast4	2	4	3	20	7	1	0
AutobastII 1	1	2	2	10	7	1	0
AutobastII 2	1	2	2	10	7	1	0
AutobastII 3	1	2	2	10	7	1	0
AutobastII 4	1	2	2	10	7	1	0
AutobastII 5	1	2	2	10	7	1	0
AutobastII 6	1	2	2	10	7	1	0
AutobastII 7	1	2	2	10	7	1	0
AutobastII 8	1	2	2	10	7	1	0
AutobastII 9	1	2	2	10	7	1	0
AutobastII 10	1	2	2	10	7	1	0
AutobastII 11	1	2	2	10	7	1	0
Lateral1	1	2	2	10	7	1	0
Lateral2	1	2	2	10	7	1	0
Lateral3	1	2	2	10	7	1	0
Mascaron1	1	2	2	10	7	1	0
Mascaron2	1	2	2	10	7	1	0

6.5. CREACION DE LOS PLANES DE INSPECCIÓN

Por ultimo se crearon los planes de inspección. Mediante tablas de datos se ha introducido en la aplicación el listado de puntos a inspeccionar agrupándolos en planes de inspección de pieza. Esos planes de inspección cuando son ejecutados indican al operador que puntos tiene que inspeccionar y con que palpador. Adaptan automáticamente los parámetros de sintonización de la señal y evaluación automática de la misma simplificando enormemente la inspección.

Por tanto crear los planes ha consistido en introducir listados de puntos con sus configuraciones UPR y SWD asociadas, sus espesores reales y sus palpadores. Para ayudar a localizar el punto también se introdujeron fotografías de los puntos a inspeccionar.

A modo de ejemplo se muestra la tabla Excel utilizada para crear el plan de inspección mascaron 4P. El formato es el que exige la aplicación para que pueda crear los planes automáticamente.

Offset	Número de	Transduc	UPRarch	SWDarch	T1	T2	T3	ArchivoIma	ArchivoCur	X	Y
1	Punto 5548	N20S3.6W	Mascaron1	Mascaron1	0,77	0,78	0	Mascaron1	Cursor(2)	127	172
2	Punto 5447	N20S3.6W	Mascaron1	Mascaron1	0,77	0,78	0	Mascaron1	Cursor(2)	127	129
3	Punto 5446	N20S3.6W	Mascaron1	Mascaron1	0,77	0,78	0	Mascaron1	Cursor(2)	130	83
4	Punto 5445	N20S3.6W	Mascaron1	Mascaron1	0,8	0,75	0	Mascaron1	Cursor(2)	158	51
5	Punto 5444	N20S3.6W	Mascaron2	Mascaron2	1,54	0,76	0	Mascaron2	Cursor(2)	159	120
6	Punto 5345	N20S3.6W	Mascaron2	Mascaron2	1,54	0,76	0	Mascaron2	Cursor(2)	133	120
7	Punto 5426	N20S3.6W	Mascaron2	Mascaron2	1,53	0,76	0	Mascaron3	Cursor(2)	190	115
8	Punto 5425	N20S3.6W	Mascaron2	Mascaron2	1,53	0,76	0	Mascaron3	Cursor(2)	165	116
9	Punto 5327	N20S3.6W	Mascaron1	Mascaron1	0,8	0,75	0	Mascaron4	Cursor(2)	188	37
10	Punto 5328	N20S3.6W	Mascaron1	Mascaron1	0,77	0,78	0	Mascaron4	Cursor(2)	212	74
11	Punto 5329	N20S3.6W	Mascaron1	Mascaron1	0,77	0,78	0	Mascaron4	Cursor(2)	212	127
12	Punto 5330	N20S3.6W	Mascaron1	Mascaron1	0,77	0,78	0	Mascaron4	Cursor(2)	213	174

Los planes de inspección creados se han agrupado en zonas y son los siguientes

Zona mascaron:

Mascaron 2 puertas

Mascaron 4 puertas



Zona salpicadero:

Salpicadero

Autobastidor II

Zona pisos:

Piso anterior

Piso posterior

Estructura portante

Autobastidor I

Zona laterales:

Lateral derecho 4 puertas

Lateral izquierdo 4 puertas

Lateral izquierdo 4 puertas

Lateral derecho 4 puertas

El listado de puntos que contenía cada plan, las configuraciones asociadas a los puntos y los palpadores a utilizar se pueden consultar en el apartado Resultados del capítulo 6.1: Selección de transductores a utilizar, configuraciones y determinación del orden de inspección.

Los espesores reales y los parámetros de cada una de las configuraciones UPR se encuentran en el apartado 6.3 Determinación de los parámetros de sintonización automática UPR.

Los parámetros de todas las configuraciones SWD se encuentran en el apartado 6.4 Determinación de los parámetros de valoración automática UPR.



7. MANUAL

El objetivo principal de este proyecto es la realización de un manual en el que de manera clara y precisa se explique el proceso a llevar a cabo para la puesta a punto de los equipos de verificación ultrasónica. Para ello se ha aprovechado toda la información y experiencia recopilada durante la puesta en marcha del sistema de verificación ultrasónica y se ha materializado en el siguiente documento.

Consta de tres bloques principales:

El primer bloque se denomina principios teóricos y en él se explican los conceptos ultrasónicos necesarios para comprender la inspección por ultrasonidos y los tipos de señales que se pueden encontrar.

El segundo bloque se denomina Spotweld Inspector y en él se detalla punto por punto todos los apartados y posibilidades que tiene la aplicación ultrasónica. También explica que son y como crear los parámetros UPR y SWD.

El tercer bloque explica la creación de los planes de inspección, detallando pormenorizadamente los pasos a seguir para la puesta en marcha de un sistema de verificación.

Esta manual ha pasado a formar parte de la biblioteca del departamento de formación de VW-Navarra y está enfocado al personal del departamento de mantenimiento de chapistería.



CURSO DE VERIFICACION POR ULTRASONIDOS

IÑAKI MARTÍNEZ ESAÍN



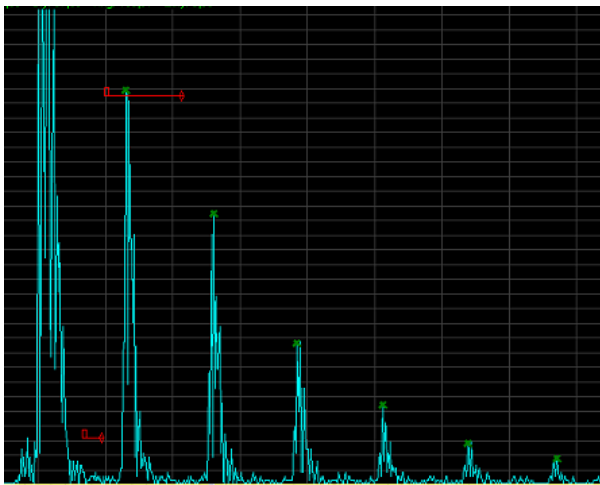
7.1. -PRINCIPIOS TEÓRICOS-

1.	Principios teóricos ultrasónicos	108
1.1.	Definición del método ultrasónico.....	108
1.2.	Principios de la piezoelectricidad	109
1.3.	Generación de ultrasonidos en el palpador	109
2.	Conceptos básicos.....	110
3.	Recorrido del sonido a través de los metales	113
3.1.	Descripción del viaje del ultrasonido.....	113
3.2.	Significado de lo presentado en pantalla	114
4.	Tipos de señales	119
4.1.	Señal punto bueno.....	120
4.2.	Señal punto suelto	121
4.3.	Señal punto aplastado	122
4.4.	Señal punto pegado	123
4.4.1.	Puntos pegados sin ecos intermedios	124
4.4.2.	Puntos pegados con ecos intermedios	125
4.5.	Señal punto pequeño	127

1. PRINCIPIOS TEÓRICOS ULTRASÓNICOS

1.1. DEFINICIÓN DEL MÉTODO ULTRASÓNICO

El método ultrasónico opera propagando ondas sónicas de alta frecuencia, o ultrasonidos, a través del material a examinar, de esta forma se obtiene información acerca de él.



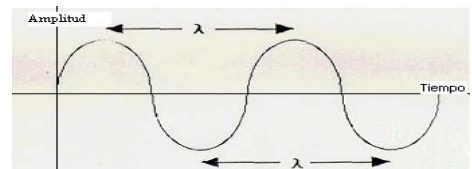
El método ultrasónico se utiliza en la inspección de puntos de soldadura por resistencia y está basado en la detección y representación en pantalla de las múltiples reflexiones que se generan desde la pared posterior de la estructura soldada y de los ecos intermedios generados en las interfases entre las placas. La representación en pantalla de la

señal se denomina A_Scan y tiene el aspecto de la figura superior. La longitud en la secuencia de ecos del espesor total (distancia entre picos), la atenuación de la señal (caída de la amplitud de eco a eco), así como la amplitud y posición de los ecos intermedios permiten diferenciar los puntos buenos de los puntos defectuosos y clasificar estos últimos.

El sonido es el paso de energía mecánica en forma de vibraciones a través de una sustancia. Las partículas que conforman la sustancia vibran al paso del sonido y se desplazan respecto de su posición original. Posteriormente vuelven a su posición inicial.



Frecuencia es el número de vibraciones o ciclos que se dan en un segundo. La frecuencia se expresa en hertzios (Hz) y es la inversa de la longitud de onda (λ).





El rango audible para el ser humano se encuentra comprendido entre los 20 hertzios y los 20 kilohertzios (veinte mil vibraciones por segundo). El ultrasonido será todo aquel sonido que tenga frecuencias superiores a los 20 kilohertzios, es decir, todo sonido que este por encima de rango audible por el ser humano. La frecuencia de los ultrasonidos utilizados en Volkswagen es de 20 mega hertzios (veinte millones de vibraciones por segundo). Los ultrasonidos solo se pueden propagar a través de medios continuos, como sólidos o líquidos, es decir, no viajan a través del aire. Esto es debido a que la componente transversal de la vibración necesita medios de alta densidad para propagarse.

1.2. PRINCIPIOS DE LA PIEZOELECTRICIDAD

En la prueba ultrasónica el transductor o palpador es el elemento fundamental puesto que es el elemento donde se generan los ultrasonidos.

Los transductores ultrasónicos son fabricados a partir de cristales piezoeléctricos.

Un cristal piezoeléctrico tiene dos características fundamentales:

- Cuando es deformado produce un cierto voltaje.
- Cuando un voltaje es aplicado sobre él este vibra. El espesor del cristal determinará su frecuencia de vibración.

Para verlo más gráficamente podemos entender que los transductores ultrasónicos se comportan igual que un altavoz, convirtiendo energía eléctrica en energía mecánica, y también se comportan como micrófonos convirtiendo la energía mecánica en energía eléctrica.

Los palpadores utilizados para la inspección de puntos de soldadura son simultáneamente emisores y receptores. El mismo instrumento genera los ultrasonidos y posteriormente los recibe.

1.3. GENERACIÓN DE ULTRASONIDOS EN EL PALPADOR

El método mediante el cual se generan los ultrasonidos es el siguiente. Trenes de impulsos emitidos desde la tarjeta UT_Mate son conducidos a través del cable hasta el

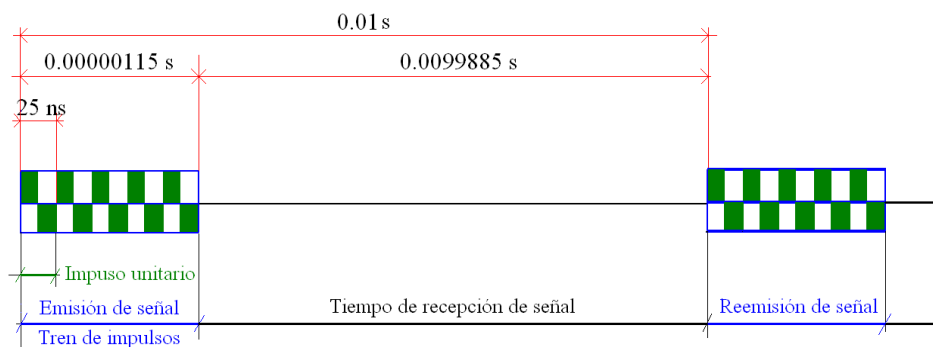
palpador o transductor. Allí llegan hasta el cristal piezoeléctrico, que al ser excitado eléctricamente comienza a vibrar a frecuencias del orden de veinte mega hertzios, generando así los ultrasonidos con su frecuencia característica.

Los trenes de impulsos, responsables de la excitación del cristal, tienen una duración de 1,15 μs y están compuestos por impulsos unitarios de forma alterna cuadrada, cuya longitud de onda está comprendida entre 10 y 25 ns.

Las emisiones de estos trenes de ondas se producen con una frecuencia de 100 Hertzios, es decir, cada 0.01 segundos. Estos trenes de impulsos generan en el cristal vibraciones cuya frecuencia es de 20 Mega Hertzios (frecuencia del ultrasonido). La penetración máxima de los ultrasonidos de esta frecuencia es de 6 mm, espesores superiores absorben la señal sin que esta llegue a rebotar en la pared posterior.

Durante el tiempo transcurrido entre la emisión de dos trenes de impulsos consecutivos el cristal funciona como receptor.

Este periodo de tiempo es de 0.0099885 s. Teniendo en cuenta que la velocidad media de transmisión del sonido a través del acero zincado es de 6.17 mm/ μ s el espacio que puede recorrer el ultrasonido en sus viajes circulares durante ese periodo de tiempo es de 61,629 metros, distancia mas que sobran para la aplicación de la técnica ultrasónica en verificación de puntos de soldadura.



Nótese que el grafico no está proporcionado, el tiempo de recepción de señal es en la realidad 8000 veces superior al tren de impulsos. A su vez el tren de impulsos estará



formado por una cantidad de impulsos unitarios comprendida entre 46 o 115 unidades. Esta cantidad depende de la longitud de onda del pulso inicial, que varía entre 10 ns y 25 ns.

La geometría característica del palpador hace que los ultrasonidos sean focalizados hacia la salida. El diámetro del cristal determina la sección de salida de los ultrasonidos, que será mayor cuanto mayor sea el cristal.

Para que el sonido se pueda propagar debe existir un medio continuo desde el cristal hasta el punto de soldadura a inspeccionar. Esto explica porque el palpador está lleno de agua y porque se utiliza un gel acoplante entre el metal y la membrana. La función de la membrana es adaptarse a la geometría del punto.

La razón por la cual el palpador tiene esa longitud es evitar el campo cercano, espacio físico anexo al cristal piezoeléctrico donde se producen ciertas alteraciones que hacen que los ultrasonidos aún no sean estables.

2. CONCEPTOS BÁSICOS

En este capítulo van a ser descritos una serie de conceptos que son utilizados habitualmente dentro de la terminología propia de los ultrasonidos y cuyo significado es de obligatorio conocimiento:

- **A_Scan:** Es la representación bidimensional en pantalla de la señal recibida a través del palpador.
- **Interfase:** Espacio físico de separación entre dos zonas con diferente composición química o diferente estructura metalográfica.
- **Picos o ecos:** Cada una de las protuberancias o marcas verticales presentes en un A_Scan. Se corresponden con rebotes del ultrasonido en una interfase.
- **Backwall:** Pico que surge cuando el ultrasonido rebota en la pared posterior de un punto de soldadura o interfase pared posterior-aire. Son los más regulares y los de mayor altura y grosor. Son marcados por una cruz verde.
- **Pico central:** Eco que surge cuando el ultrasonido rebota en el espacio de separación entre chapas, también llamado interfase central chapa-chapa. La existencia



de estos picos denota espacios físicos de separación entre las chapas a unir. Son marcados por una cruz azul.

- **Pico lateral:** Eco que surge cuando el ultrasonido rebota en alguna interfase diferente a la interfase pared posterior-aire o a la interfase chapa-chapa. Son marcados por una roja.
- **Amplitud:** Distancia en vertical o altura de cada pico mostrado en pantalla. Se corresponde con el eje Y y en aplicaciones ultrasónicas se mide en porcentajes de altura total de la pantalla.
- **Atenuación:** Es la pendiente de la recta que une dos backwalls consecutivos.
- **Atenuación media:** Es la media de todas las atenuaciones que están presentes en una señal A_Scan.
- **Espesor total:** Valor medio de todas las distancias entre backwalls consecutivos presentes en un A_Scan. Este valor se muestra en pantalla como grosor.
- **Caja de herramientas ultrasónica:** Apartado electrónico del software en el que se definen los parámetros que caracterizan a una señal ultrasónica.
- **Parámetros UPR:** Parámetros contenidos dentro de la caja de herramientas ultrasónica y que caracterizan a una señal ultrasónica.
- **Parámetros SWD:** Parámetros utilizados para la evaluación automática de las señales A_Scan.
- **Puntos defectuosos:** Son todos aquellos puntos que no son considerados buenos según la normativa Volkswagen. Por tanto dentro de este grupo están los puntos sueltos, los puntos pequeños, los puntos quemados, los puntos aplastados y los puntos con poros.
- **Palpador o transductor:** Extremo final de la cadena de elementos que conforman el equipo ultrasónico. Es el instrumento utilizado por el operador para aplicar los ultrasonidos a los puntos de soldadura.
- **Membrana:** Es la semiesfera transparente de naturaleza elastina presente en el extremo final del palpador.



- **Sintonizar:** Aplicación correcta del palpador sobre el punto de soldadura que tiene como resultado la presentación en pantalla de un A_Scan que es capturado automáticamente por la aplicación. La correcta sintonización de un punto esta directamente relacionada con la perpendicularidad con que el palpador ha sido situado con respecto al plano del punto.
- **Tarjeta UT_Mate:** Tarjeta exterior conectada al ordenador vía puerto USB responsable de la emisión de pulsos y gestión electrónica del equipo ultrasónico.
- **Puerta o gate:** Segmentos verticales de color rojo que aparecen en pantalla cuando la aplicación es abierta y que tienen por función principal determinar el momento en el que la imagen debe ser congelada.

3. RECORRIDO DEL SONIDO A TRAVÉS DE LOS METALES

Descripción del viaje del ultrasonido

Comienza cuando el cristal piezoeléctrico es excitado mediante un pulso eléctrico enviado por la tarjeta. Este cristal emite una cantidad determinada de ultrasonidos proporcional a su diámetro. La frecuencia del ultrasonido depende del espesor del cristal.

La mayor parte de las ondas ultrasónicas atraviesa la primera interfase, cristal-agua, pero parte vuelven ya hacia la tarjeta. Surge así el eco del pulso inicial, característico del cristal piezoeléctrico.

Las ondas que han atravesado la primera interfase recorren a través del agua del palpador el camino hasta la membrana. La velocidad a la que hacen este recorrido es mucho menor que la del resto del viaje.

Cuando llegan a la membrana se encuentran con la segunda interfase, metal-membrana, y gran parte del ultrasonido no consigue atravesarla, rebota y vuelve hacia el cristal. Surge así el eco de superficie. Parte de este caudal de ultrasonidos rebota en el cristal en vez de ser absorbido por él y viaja nuevamente hacia la membrana. Se generarán así las secuencias de ecos posteriores a la principal.



Las ondas que no rebotan y consiguen penetrar en el metal viajan a través de él hasta que se encuentran con una discontinuidad o con la pared posterior del punto de soldadura.

Cuando llegan a alguno de esos dos puntos rebotan y vuelven sobre sus pasos. Si el palpador esta situado perpendicularmente volverá hacia él. Si no es así estarán continuamente rebotando de pared en pared hasta extinguirse.

Solo una parte de los ultrasonidos que han vuelto al palpador consiguen atravesar la interfase metal-membrana y después de viajar nuevamente a través del agua impactan en el cristal piezoeléctrico produciendo una señal eléctrica de amplitud proporcional a la cantidad de sonido que ha vuelto.

La cantidad de ultrasonidos que no han conseguido atravesar la interfase metal-membrana vuelve a realizar el viaje a través del punto de soldadura y se repite la situación expuesta en el punto anterior. Repitiéndose esta situación surgen el resto de ecos presentes en el A_Scan.

El ultrasonido estará realizando viajes circulares y provocando ecos hasta quede extinguido completamente. Esto ocurre porque parte del ultrasonido vuelve al cristal y es absorbido por él y parte es absorbido en el propio metal. El ultrasonido es absorbido en el metal debido a fenómenos de refracción al atravesar límites de grano o a fenómenos mecánicos de rozamiento. Dependiendo del espesor del metal y su naturaleza la extinción del ultrasonido será más o menos rápida. Metales de grandes espesores y tamaños grandes de grano absorberán más rápidamente el ultrasonido.

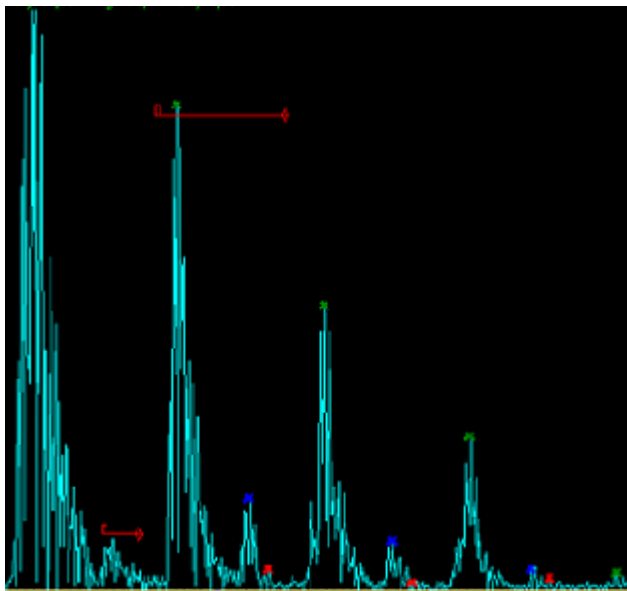
Significado de lo presentado en pantalla

Es una representación bidimensional de la señal recibida después de que el ultrasonido haya atravesado el material, revotado en la pared posterior, interfase metal-metal o discontinuidad y vuelto a su punto de emisión. La representación bidimensional de la señal recibe el nombre de A_Scan.

No todo el sonido vuelve al palpador en un primer ciclo, sino que gran parte de él rebota y vuelve a realizar el viaje completo hasta que llega nuevamente al transductor. Esta es la razón por la cual se observan en pantalla diferentes picos, que se corresponden con los

diferentes rebotes. Dependiendo de la discontinuidad que haya hecho volver al ultrasonido surgirán los diferentes tipos de ecos.

Las señales que se reciben procedentes de la pared posterior se denominan backwalls. Cada backwall es de menor amplitud que su precedente debido a dos motivos: la naturaleza del ultrasonido hace que este pierda potencia conforme avanza a través del metal, y en cada ciclo una parte del ultrasonido vuelve al transductor. Finalmente este acaba extinguiéndose. Se define la atenuación como la pendiente media de las rectas que unen cada backwall con su precedente. Es indicativo de la rapidez con que una señal se extingue y es útil en la evaluación de los puntos.



Las señales recibidas procedentes de la interfase metal-metal se denominan picos centrales. Las señales recibidas procedentes de cualquiera de las discontinuidades o porosidades se denominan picos laterales. Picos y backwalls se diferencian gráficamente en que la amplitud y regularidad de los backwalls es muy superior a la de los picos centrales y laterales. Los picos centrales se sitúan en el espacio central

del hueco entre backwalls y los picos laterales en cualquier punto de ese espacio. Los backwalls son representados con cruces verdes, los picos centrales con cruces azules y los laterales con cruces rojas.

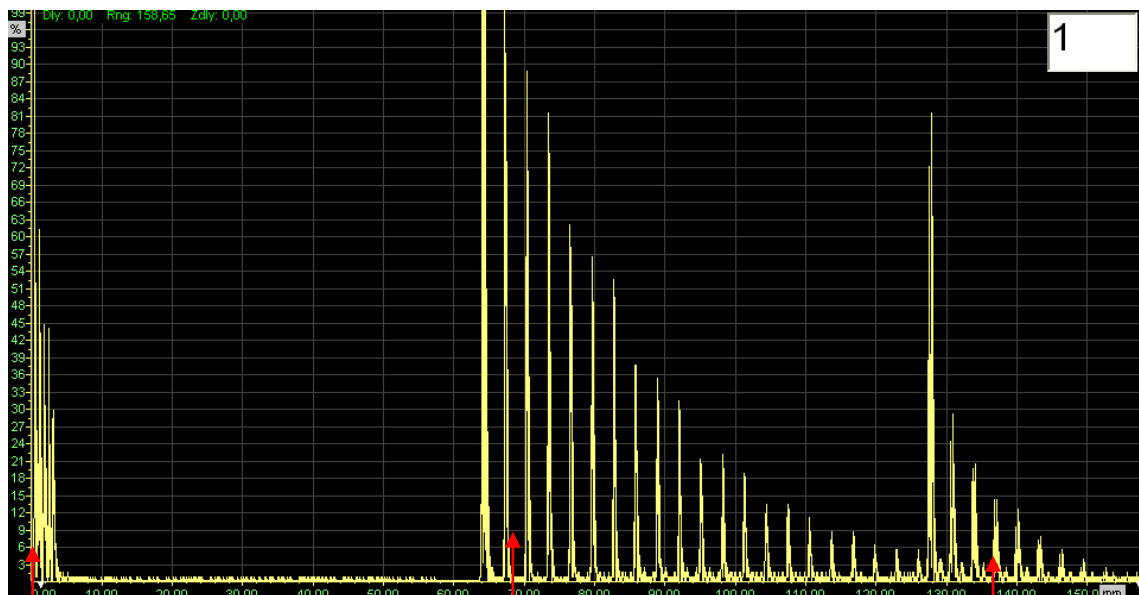
En el eje vertical se representa la amplitud de la señal de los impulsos recibidos. En el eje horizontal se representa el espacio recorrido por el ultrasonido. Realmente el eje horizontal es el tiempo transcurrido durante el viaje del ultrasonido, pero como tiempo y espesor se relacionan directa y linealmente por medio de la velocidad de transmisión del sonido (parámetro sencillo de calcular), el tiempo es sustituido por el espesor.

$$\text{Espacio recorrido} = \text{Velocidad transmisión del sonido} \times \text{Tiempo}$$

La velocidad de propagación del sonido depende exclusivamente de la naturaleza del material a través del cual viaja el ultrasonido, cuanto mas interfases o granos más finos tenga la microestructura del metal más alta será la velocidad de transmisión.

Es fundamental que el palpador este situado perpendicularmente al plano de la lenteja, sino es así el sonido no puede regresar a su punto de emisión, o llega de manera incorrecta falseando los resultados. Muestra de un palpador incorrectamente situado son backwalls más altos que sus precedentes.

A continuación se puede observar la señal completa de un A_Scan perteneciente a una chapa. Está representado el viaje del ultrasonido, desde que sale del cristal piezoeléctrico hasta que se extingue la segunda secuencia de ecos.



Pulso inicial del
cristal

Secuencia
principal de
backwalls

Secuencia
secundaria de
backwalls



El primer grupo de ecos observados corresponden con el pulso inicial del cristal piezoeléctrico. Es la señal que envía la tarjeta al cristal. No tiene utilidad alguna en la inspección de puntos de soldadura.

Solapándose con esta señal se encuentra el grupo de ecos que se corresponden con la interfase cristal-agua. Una cantidad importante de ultrasonido no consigue atravesar esta interfase y vuelve hacia la tarjeta.

El segundo grupo de ecos observado es la secuencia principal de backwalls. Este grupo de ecos es el principal y se utiliza para evaluar la calidad del punto de soldadura. Mediante los diferentes parámetros existentes en la caja de herramientas ultrasónica esta es la parte de señal que será aislada para su estudio, siendo lo único que el operador vea en pantalla cuando esté realizando su trabajo.

Este segundo grupo de ecos es el recorrido del ultrasonido a través del metal, y cada eco, exceptuando el primero, se corresponde con un rebote del ultrasonido en la pared posterior de las dos chapas soldadas. La distancia entre esos backwalls es el espesor del punto a examinar y se corresponde con el espesor suma de ambas chapas menos un 10-15% (provocado por la por la presión aplicada al soldar). Cuando un punto se encuentra completamente suelto el ultrasonido no consigue atravesar la interfase metal-metal y vuelve hacia el palpador desde la primera chapa. En este caso los backwalls están más apegados unos a otros y la distancia que los separa es igual al espesor de una de las chapas. Cuando un punto se encuentra parcialmente suelto parte del ultrasonido rebota desde la pared posterior y parte desde la interfase de separación de ambas chapas.

El primer eco de esta secuencia es el eco de superficie. Es el de mayor amplitud de todos ellos, de hecho tiene aproximadamente el doble de amplitud que el primer backwall. En pantalla no se observa su verdadera dimensión. La explicación a esta amplitud desproporcionada del eco de superficie es que la mayor parte del ultrasonido no consigue traspasar la interfase membrana-metal y rebota hasta el cristal. Al llegar al cristal parte del ultrasonido vuelve a rebotar y realiza nuevamente el viaje hacia la membrana.

El espacio entre estos dos primeros grupos de ecos se corresponde con el recorrido del ultrasonido a través del agua del palpador. Si se observa, esta longitud no corresponde con



el tamaño del transductor. Hay que tener en cuenta que la velocidad de transmisión del ultrasonido a través del agua es cuatro veces mas lenta que su velocidad de transmisión a través del acero, 1.48 mm/ μ s del agua contra 6.17 mm/ μ s del acero. Ese espacio no representa la verdadera longitud del palpador puesto que el ultrasonido ha viajado mas lento, recorriendo en el mismo espacio de tiempo una distancia cuatro veces menor que si habría viajado a través del acero.

El tercer grupo de ecos es la secuencia secundaria de backwalls. Son la secuencia de ecos provocados por la cantidad de ultrasonidos que en el primer intento no ha conseguido atravesar la interfase membrana-metal, pero si lo han conseguido en el segundo intento, después de rebotar en el cristal piezoeléctrico. Esto ocurre después de que parte del ultrasonido haya rebotado en la interfase membrana-metal (eco de superficie), haya vuelto hacia el cristal, rebotado en él y viajado nuevamente hasta la superficie del metal. Estos viajes a través del palpador se realizan de manera cíclica hasta que esa parte del ultrasonido se extingue.

La segunda secuencia es utilizada para determinar la perpendicularidad con que a sido situado el palpador sobre el plano del punto. La amplitud máxima de los ecos de esa secuencia esta relacionada directamente con la potencia de la señal recibida en el transductor. A su vez la potencia de la señal recibida en el transductor será mayor cuanto mas perpendicularmente haya sido situado el palpador sobre el plano del punto.

Existen hasta cuatro grupos de ecos residuales, cada uno de menor potencia que el anterior, pero no tienen utilidad práctica alguna exceptuando el primero. Están provocados por la cantidad de ultrasonido que no consigue penetrar la interfase membrana metal y realiza viajes circulares entre el cristal y el palpador. La distancia de separación entre las diferentes secuencias es siempre la misma y se corresponde con el tiempo que dura un viaje de ida y vuelta a través del agua del palpador.



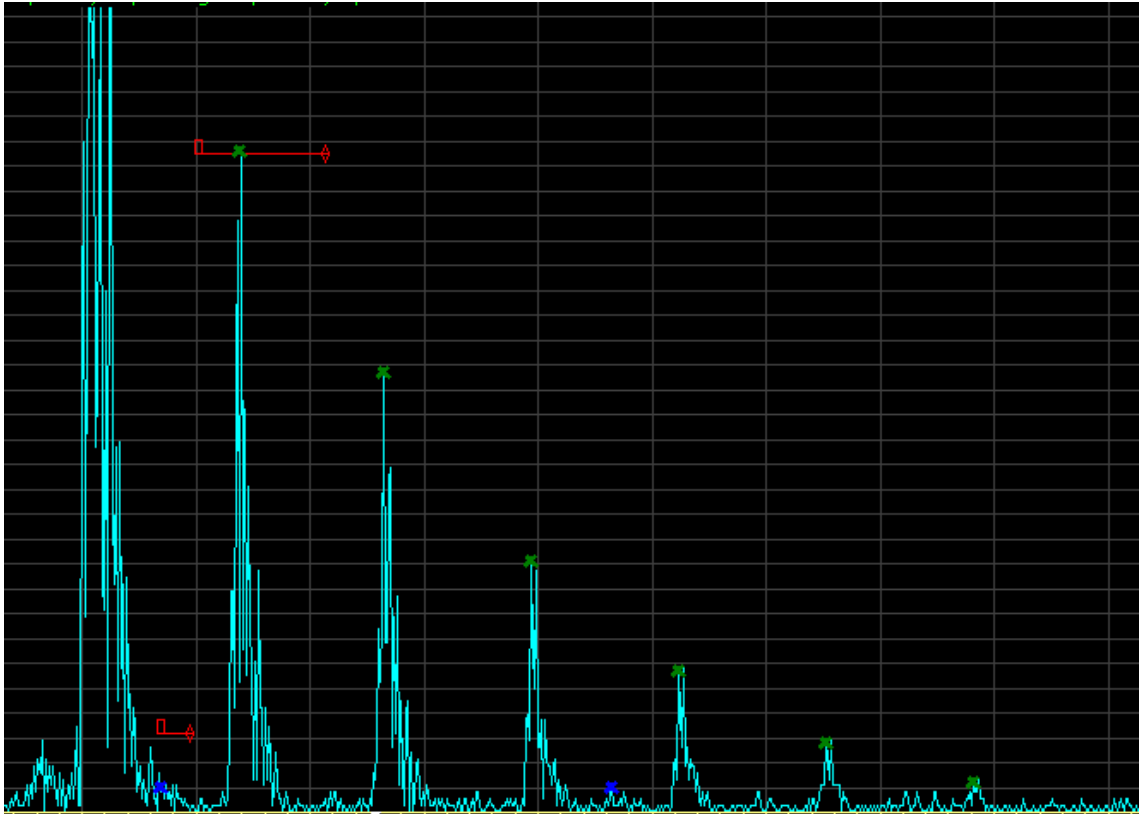
4. TIPOS DE SEÑALES

En este apartado van a ser descritas las características de las señales que proceden de los distintos tipos de puntos de soldadura existentes.

Hay que tener en cuenta que cada combinación de chapas tiene sus propias particularidades. Puntos defectuosos en chapas de espesor cercano al milímetro tienen un aspecto diferente que puntos defectuosos en chapas de espesores mayores. La manera mas fiable de establecer las características que definen a un punto es haciendo ensayos destructivos sobre puntos soldados en idénticas condiciones en las que son dados esos puntos en producción. No obstante dentro de cada grupo hay una serie de características comunes que son las que van a ser descritas a continuación.

Primeramente se describe un punto bueno, que es el habitual en el 99% de las inspecciones a pie de línea, para a continuación ver los puntos defectuosos y destacar las diferencias con respecto al punto bueno. Un buen operador conoce el aspecto que habitualmente presentan los puntos buenos de cada combinación de chapas presentes en el taller. Si observa una señal que tiene alguna característica diferente a las que se encuentra a diario es cuando comienza a sospechar que ese punto puede ser defectuoso, es decir, detecta los puntos defectuosos por comparación con los puntos buenos.

4.1. SEÑAL PUNTO BUENO



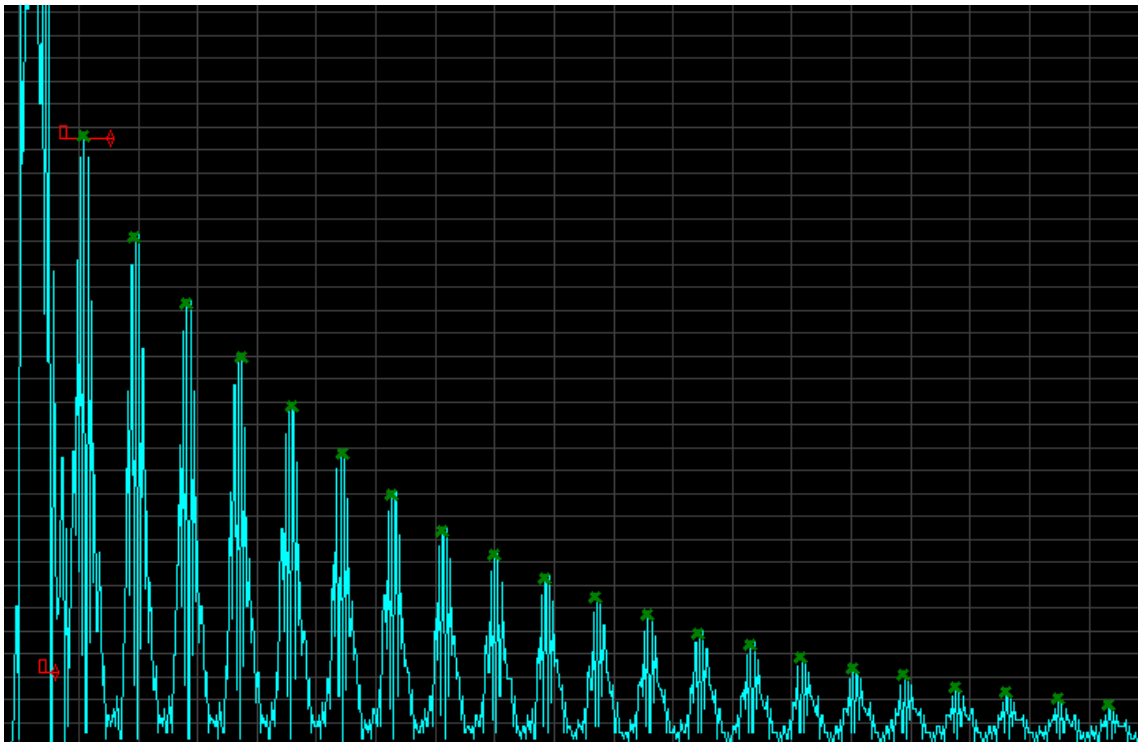
Las señales pertenecientes a puntos buenos de soldadura se caracterizan por:

- Ausencia casi total de ruido. Son señales muy limpias en las que raramente se encuentran picos centrales o laterales. En el caso de que los hubiera no superarían las tres unidades y su amplitud no sería superior al 10%.
- Valores relativamente bajos de atenuación. Habitualmente están comprendidos entre los 2 dB/mm y los 3,5 dB/mm en chapas de pequeño y mediano espesor y los 3,5 dB/mm y los 5 dB/mm en chapas de gran espesor.
- Existe una gran regularidad en la caída de amplitud de backwall a backwall. Las señales decaen uniformemente y tienen forma de parábola.
- Espesores del orden del 90% del espesor suma de ambas chapas.
- El número de backwalls es un valor característico de cada combinación de chapas, tendrá que ser determinado experimentalmente. Puntos buenos de chapas finas y medias

tienen entre 4 y 9 backwalls. Puntos buenos de chapas gruesas tienen una cantidad de backwalls comprendida entre 1 y 4 unidades.

- El tiempo que precisa un operador experimentado para sintonizar un punto bueno es muy variable pero esta comprendido entre los 5 y los 20 segundos.

4.2. SEÑAL PUNTO SUELTO



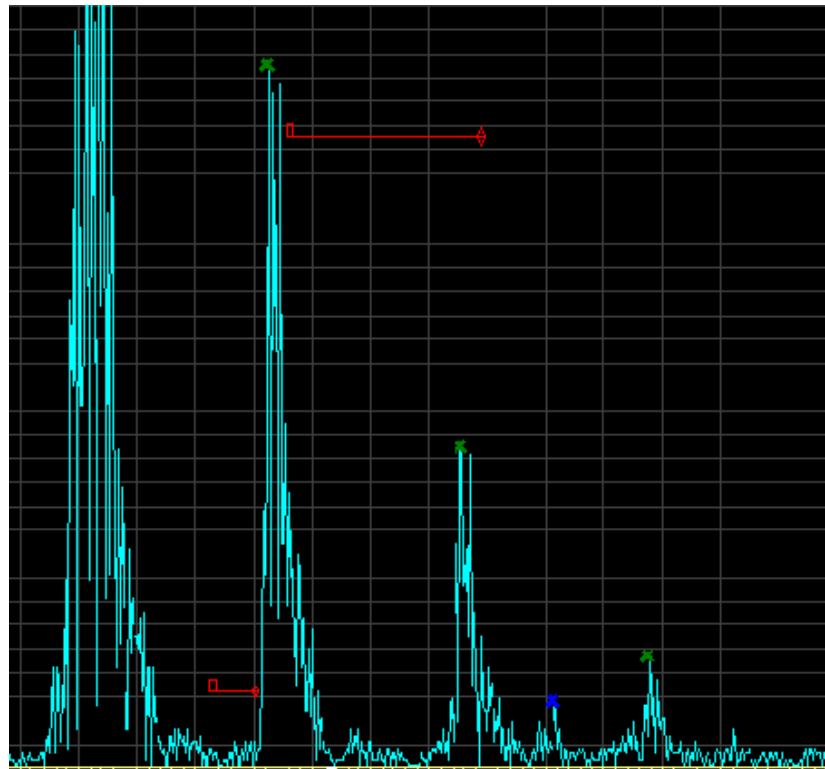
Las señales pertenecientes a puntos de soldadura totalmente sueltos son idénticas a las que obtendríamos si inspeccionáramos una sola chapa. Tienen las siguientes características:

- Ausencia de ruido. Son señales limpias en las que nunca se encuentran picos centrales o laterales.
- Valores muy bajos de atenuación. Habitualmente no se superan los 1,5 dB/mm en chapas de pequeño y mediano espesor ni los 0,9 dB/mm en chapas de gran espesor.
- Regularidad en la caída de amplitud de backwall a backwall. Las señales decaen muy uniformemente.
- Espesor cercano al 95 % del grosor de la primera chapa inspeccionada.

- Cantidad desproporcionada de backwalls. Suelen rondar las 15 unidades.
- El tiempo que necesita para ser sintonizado es similar al de un punto bueno.

Como se puede ver las principales diferencias entre un punto bueno y un punto suelto son que el punto suelto tiene una cantidad mucho mayor de backwalls, la atenuación es significativamente menor y el espesor se corresponde con el grosor de la primera chapa a través de la cual pasa el ultrasonido.

4.3. SEÑAL PUNTO APLASTADO



Las señales pertenecientes a puntos de soldadura aplastados tienen las siguientes características:

- Presencia de una cantidad de ruido baja pero superior a la de un punto bueno.
- Valores de atenuación ligeramente inferiores a los de un punto bueno.
- Pequeñas irregularidades en la caída de amplitud de backwall a backwall.
- Espesor inferior al 80% del espesor suma total de ambas chapas. Esta es la característica fundamental de un punto aplastado. Este hecho provoca que el primer



backwall se sitúe más a la izquierda que en un punto bueno y no entre en la ventana de captura. Este hecho es muy fácilmente observable por el operador.

- Cantidad de backwalls inferior en una o dos unidades a la de un punto bueno.
- El tiempo que necesita para ser sintonizado es superior al de un punto bueno.
- En la mayoría de las ocasiones el primer backwall justamente corresponde, o no corresponde con la puerta de captura y se hace bastante dificultosa la congelación de la imagen. Este suceso es el que pone en alerta al operador.

Las principales diferencias entre un punto bueno y un punto aplastado son que el punto aplastado tiene una cantidad menor de backwalls, la distancia entre backwalls o espesor es mucho menor, y el tiempo requerido para sintonizarlo aumenta.

4.4. SEÑAL PUNTO PEGADO

Contrariamente a lo que ocurre en el resto de tipos de punto, las señales que se corresponden con puntos pegados no responden a un único patrón. Existe la posibilidad de que un mismo punto pegado sea sintonizado de varias maneras diferentes.

Principalmente se pueden encontrar dos tipos de puntos pegados, uno en el que existen una cantidad variable de ecos intermedios que adoptan diferentes formas, y otro en el que no hay ningún eco intermedio pero en el que valores característicos como la atenuación y número de backwalls son notablemente diferentes a los que se encuentran en puntos buenos.

Estas dos circunstancias se pueden dar dentro de un mismo punto debido a que en la superficie de la huella existen zonas con diferente afección térmica, es decir, dentro de la superficie de un punto pegado no todas las zonas han alcanzado las mismas temperaturas. En aquellas zonas donde se han alcanzado temperaturas mayores la capa de zinc se ha volatilizado totalmente, dejando un espacio de aire entre chapas, mientras que en aquellas donde la temperatura ha sido inferior el zinc no se ha volatilizado, ha quedado depositado entre las chapas dejándolas pegadas.

Hay una característica común y fundamental en ambos tipos de puntos pegados: la dificultad que entraña su sintonización. El tiempo que emplea un operador experimentado



en sintonizar un punto pegado es muy superior al utilizado para sintonizar un punto bueno dado sobre esa misma combinación de chapas. Los puntos buenos son sintonizados correctamente en un intervalo de 5 a 20 segundos, mientras que para obtener una señal válida de un punto pegado que cumpla todos los requisitos exigidos se pueden llegar a precisar minutos. La ganancia utilizada será también notablemente superior, del orden de 5 a 10 dB.

Estos hechos suceden siempre y son fundamentales en la detección de puntos sueltos. Son los primeros sucesos que ponen en alerta al operador y le hacen sospechar que se encuentra ante un punto pegado o ante un punto pequeño.

4.1.1. PUNTOS PEGADOS SIN ECOS INTERMEDIOS

Los puntos pegados sin ecos intermedios son causados por la presencia de películas superficiales de zinc en las chapas de acero a soldar (acero zincado).

El zinc tiene un punto de fusión inferior al acero. Esto provoca que en procesos de soldadura por resistencia en los cuales no funde nada de acero sí funde la película de zinc. Cuando la temperatura no ha sido lo suficientemente elevada la película de zinc primero se evapora y posteriormente se condensa, dejando apegadas ambas chapas mediante una fina capa de zinc.

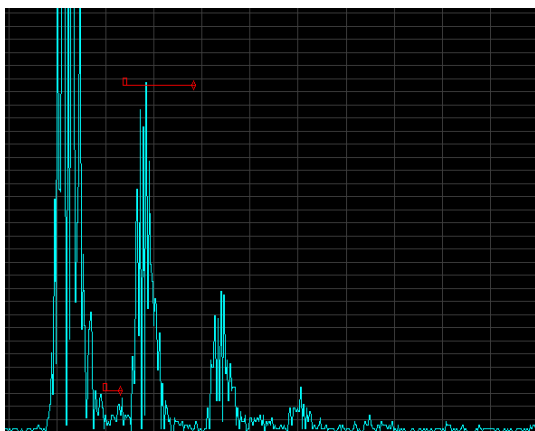
El resultado de este proceso es un punto de soldadura pegado, en el cual existe una capa de zinc que une ambas chapas a largo de toda la superficie sobre la que ha pisado el electrodo. Por tanto el ultrasonido no se encuentra con ninguna discontinuidad que lo haga rebotar en la interfase chapa-chapa y atraviesa sin dificultad ambas chapas. No se muestran picos intermedios porque ambas chapas están perfectamente unidas pero no están soldadas.

El hecho de que existan menos ecos y su atenuación sea superior está provocado por la existencia de la capa de zinc entre las chapas de acero. En esta situación el ultrasonido tiene que atravesar dos interfases inexistentes en un punto bueno, la de acero-zinc y la de zinc-acero. Cuantos más obstáculos se encuentra el ultrasonido en su camino más se dispersa este y menos energía vuelve al palpador. Estas pérdidas están provocadas por la

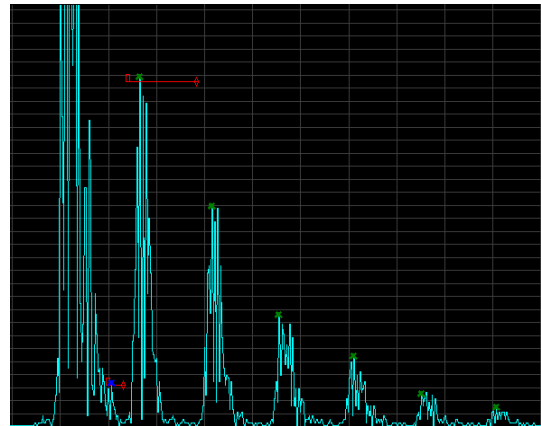
refracción que siempre se produce al atravesar una interfase o por pérdidas mecánicas en forma de rozamiento.

Para detectar un punto pegado que no presenta ecos intermedios es fundamental conocer de antemano el aspecto que presentan puntos buenos soldados sobre esas mismas chapas. Por comparación directa la diferencia entre ambas señales es obvia:

Señal de un punto pegado.



Señal de un punto bueno



Las diferencias concretas entre ambas señales son las siguientes:

- El punto pegado siempre tiene una menor presencia de backwalls, generalmente uno o dos backwalls menos.
- El punto pegado tiene una atenuación más fuerte. Esta característica es difícil de observar pero muy importante en la identificación de puntos sueltos.
- El punto pegado tienen una distancia entre backwalls mayor que un punto bueno soldado sobre esas mismas chapas, es decir, el espesor es mayor en un punto pegado.

Por tanto cuando sean definidos los parámetros SWD tendrán que ser perfectamente conocidos el número de backwalls, la atenuación y el espesor propios de un punto de soldadura bueno.

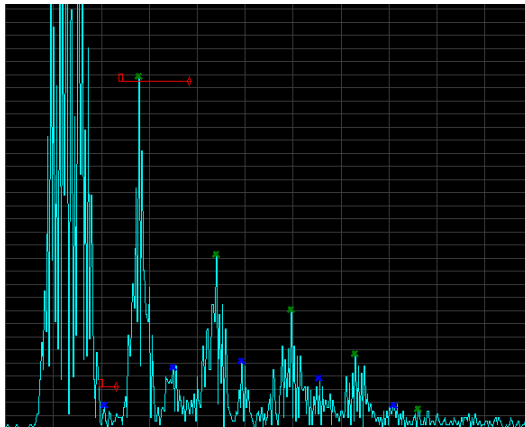
4.1.2. PUNTOS PEGADOS CON ECOS INTERMEDIOS

Los puntos pegados con ecos intermedios son causados por la presencia de espacios de aire entre las chapas a soldar en lugares donde únicamente debería existir material soldado.

Al llegar al espacio de aire parte del ultrasonido rebota y vuelve hacia el palpador, generándose así picos de amplitud variable entre los backwalls. Como este espacio esta situado entre ambas chapas los picos son picos centrales.

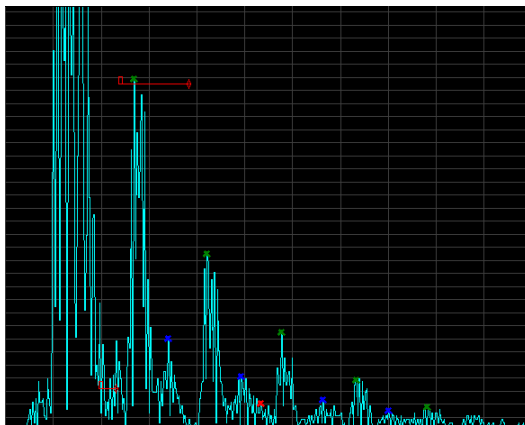
Existen diferentes grupos de ecos intermedios, todos pueden surgir al inspeccionar un mismo punto pegado. Son los siguientes:

a) Ecos intermedios con forma de sombrerete:

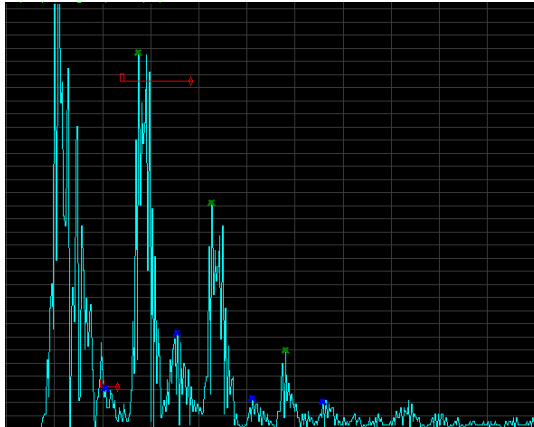


En este tipo de señal se observa una secuencia principal de backwalls que se corresponde con la de un punto bueno y una segunda secuencia de ecos situada entre los backwalls. Esta ultima secuencia primero crece y luego decrece, tomando forma de sombrerete y delatando al punto como pegado.

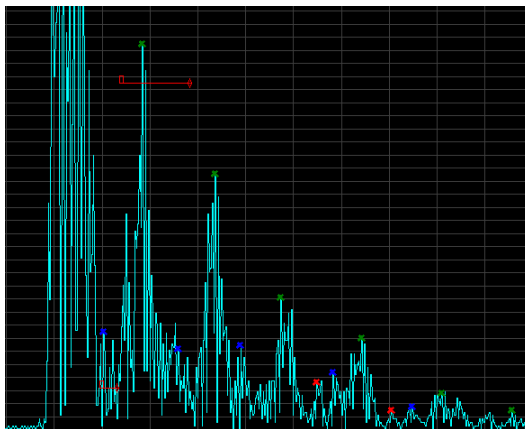
b) Ecos intermedios en forma de doble secuencia:



En este tipo de señal lo que delata al punto como pegado es la presencia de una segunda secuencia de ecos intermedios cuya amplitud decrece de manera constante. Esta forma una secuencia paralela a la principal que decae de manera similar a ella.

c) Ecos intermedios de picos altos:

En este caso el hecho que delata al punto como pegado no es la presencia de gran número de ecos, es la existencia de un pico intermedio de gran amplitud, casi desproporcionada. Este eco suele ser el primero y su amplitud esta comprendida entre el 15-25 %.

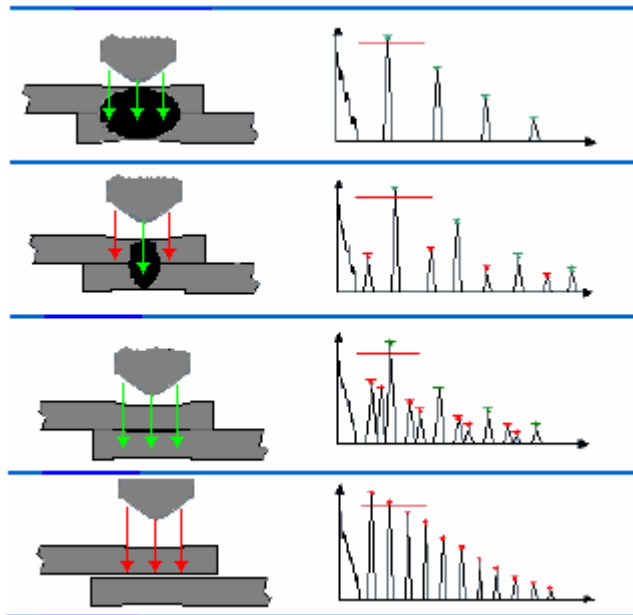
d) Ecos intermedios múltiples de formas caóticas:

En este caso es significativa la presencia de un gran número de ecos intermedios y de ecos laterales que se disponen a lo largo del A_Scan, lo hacen de manera más o menos caótica y desordenada. Este hecho delata al punto como pegado.

4.1.3. SEÑAL PUNTO PEQUEÑO

En el lenguaje de ultrasonidos puntos pequeños son todos aquellos que tienen un diámetro menor que el diámetro del palpador utilizado, independientemente de lo que dicte la norma.

Las señales correspondientes a puntos pequeños son una mezcla de las señales de los puntos buenos y las señales de los puntos pegados. Dependiendo del tamaño del punto este estará más cerca de un caso o del otro. Como pauta general se caracterizan por la existencia de un nivel moderado o elevado de ruido y por la existencia de ecos centrales y laterales, pero no responden a un patrón concreto.

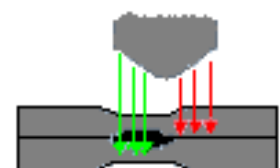


En la figura anexa están representados por este orden un punto bueno, uno pequeño, uno pegado y uno suelto. En verde se representan los backwalls y en rojo los ecos centrales y laterales. Como pauta general se puede afirmar que conforme descende la calidad del punto de soldadura la presencia de ecos intermedios y la amplitud de los mismos va aumentando progresivamente. Los

casos extremos son el punto bueno, en el que no existe ningún eco central y el punto totalmente suelto, en el que se todos los ecos podrían ser considerados ecos intermedios. En medio de estos dos extremos nos encontramos con el punto pequeño, cuya señal es una mezcla de ambos casos.

En la práctica se hace muy difícil distinguir entre un punto pegado y un punto pequeño de reducido diámetro. Ambas señales son prácticamente iguales. Esto no supone un problema porque ambos tipos de puntos son considerados defectuosos y su detección implica tomar acciones correctivas. Esta casuística se da con todos aquellos puntos cuyo diámetro es igual o inferior a la mitad del diámetro del palpador utilizado.

Cundo nos encontramos con puntos pequeños cuyo diámetro es cercano al diámetro del palpador, la señal que se obtiene es la de un punto bueno, pero con una cantidad superior de ruido y con la presencia de un número variable de ecos centrales y laterales. Este





hecho no suele representar un problema puesto que en la mayoría de los casos el diámetro del palpador utilizado es ligeramente superior al diámetro mínimo exigido por la norma.

Cuando no ha sido situado correctamente el palpador sobre el punto de soldadura la señal que se obtiene se puede corresponder con la de un punto pequeño. Como se observa en la ilustración de la figura, parte del ultrasonido no atraviesa el punto de soldadura y rebota desde la interfase chapa-chapa generándose así ecos intermedios al igual que ocurre en los puntos pequeños.



7.2. -SPOTWELD INSPECTOR-

1.	Instalacion del software spotweld inspector 3.2.1	132
2.	Opciones del menú Spotweld	134
3.	Menú planes	136
3.1.	Setup	136
3.2.	Test.....	138
3.3.	Información del material.....	139
3.4.	Opciones	140
3.5.	Utilidades	142
4.	Menú Mantenimiento.....	143
4.1.	Configuración Local	143
4.2.	Información de Compañía.....	144
4.3.	Red y Lenguaje	144
4.4.	Archivo	144
4.5.	Opciones	148
5.	Arbol del plan	151
6.	Reportes	152
6.1.	Acceso a tests.....	152
6.2.	Acceso a informes estadísticos	153
7.	Grupos de usuarios.....	156
8.	Parámetros UPR.....	157
8.1.	Definición de los parámetros UPR	157
8.2.	Edición de los parámetros UPR	157
8.3.	Caja de herramientas ultrasónica	158
8.3.1.	Base TPO.....	158
8.3.2.	Zoom/Trig	161
		130



8.3.3.Emisor	162
8.3.4.Ganancia.....	163
8.3.5.Receptor	165
8.3.6.Fijación.....	166
8.3.7.Puerta.....	168
8.3.8.DAC	172
8.3.9.Global	175
8.3.10.E/S	175
9. Parámetros SWD.....	177
9.1. Definición de los parámetros SWD	177
9.2. Edición de los parámetros SWD	178
9.3. Parámetros SWD.....	179
9.3.1.Parámetros básicos	180
9.3.2.Pestaña Básico	184
9.3.3.Pestaña Global.....	186
9.3.4.Pestaña Puertas	187
9.3.5.Pestaña Pantalla.....	188



1. INSTALACION DEL SOFTWARE SPOTWELD INSPECTOR 3.2.1

Los pasos que hay que seguir para la instalación de la aplicación ultrasónica son los siguientes:

1. Iniciar el equipo como administrador
2. Dar permiso de control total para los usuarios avanzados a las siguientes carpetas o archivos del disco duro C, así como a sus carpetas secundarias (opciones avanzadas \ heredar del objeto principal...):
 - Drivers
 - I386
 - Program files
3. Comprobar que sobre todas las carpetas o archivos siguientes los usuarios y usuarios avanzados tienen control total
 - C\Windows
 - C\AClient.cfg
 - C\Archivos de programa
 - C\Documents and settings
4. Conectar al PC vía USB la tarjeta UT/Mate y la mochila de seguridad HASP
5. El PC detectará nuevo hardware, seguir los pasos ordinarios para su instalación
6. Introducir el CD de instalación y ejecutar Setup.exe
7. Aceptar el lugar de destino que el programa propone como ubicación para la base de datos
8. Responder afirmativamente a los dos mensajes siguientes que aparecerán conforme avanza la instalación :
 - Not enough space. Install anyway?
 - The specified directory does not exist. Create it?
9. En el apartado “Installation type selection” optar por Custom installation y seleccionar las dos siguientes opciones:



- Show desktop
 - Create users
10. Continuar de manera rutinaria con la instalación, y cuando el programa pregunte si se quiere reiniciar ahora el equipo esperar dos minutos antes de hacer seleccionar en finísh.
 11. Configurar las opciones energéticas del PC de tal forma que cuando la tapa del equipo se cierre no ocurra nada, y que el tiempo que transcurra hasta que el sistema inerve o se apague sea superior a media hora. De no ser así cuando el sistema inerve provocará un error en la aplicación que obligará al operador a reiniciar el equipo.

Debido a inadecuados e improcedentes cambios en los perfiles, provocados desde el servicio de usuarios, los usuarios y usuarios avanzados pierden la capacidad para ejecutar la aplicación. Para solucionar este grave contratiempo el administrador local del equipo tiene que volver a conceder permiso de acceso total a las carpetas y archivos arriba indicados, así como a sus carpetas secundarias (opciones avanzadas \ heredar del objeto principal...).

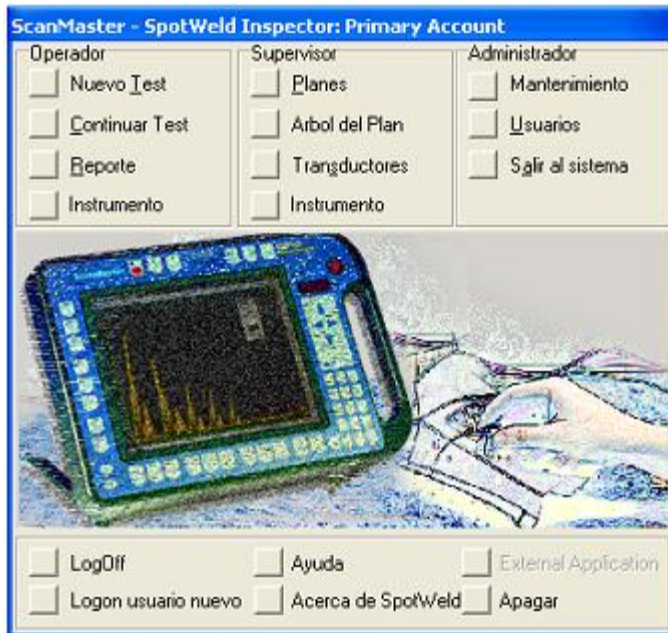
En algunas ocasiones cuando se sale de manera brusca de la aplicación el escritorio desaparece al volver a reiniciar el equipo. La forma de proceder para recuperarlo es la siguiente:

12. Pulsar Control + Alt. + supr. y desplegar el administrador de tareas.
13. En la pestaña Aplicaciones pulsar Tarea nueva y escribir en la barra Explorer.exe
14. Buscar en la carpeta UT_Mate, dentro de archivos Aplicación, la carpeta Recuperación de escritorio (L\ Mis documentos\ Archivos Aplicación\ Recuperación de escritorio)
15. Hacer doble clic sobre el icono shell2explorer.reg
16. Reiniciar el equipo

El otro archivo presente en esta carpeta es shell2spotweld.reg y si se selecciona provoca que el escritorio desaparezca.

2. OPCIONES DEL MENÚ SPOTWELD

Cuando se abre el menú Spotweld como administrador y se introduce el nombre y



contraseña aparece en pantalla el siguiente menú. La utilidad de cada opción es la siguiente:

Nuevo Test: Ejecuta cualquier test previamente definido.

Continuar Test: Permite continuar un test que no ha sido completado. Por defecto se continua con el último que haya sido ejecutado, siempre y cuando este inacabado. Se puede acceder a

cualquiera de los test inacabados que estén almacenados en el la aplicación. Basta con enfocar con el botón derecho del ratón el test deseado desde la opción *reporte*. La aplicación se abrirá en el último punto que no haya sido testado

Reporte: Desde esta opción se accede a los informes de los resultados de los planes de inspección ya ejecutados, obteniendo en pantalla tanto los resultados numéricos como los A_Scan. También da la opción de continuar o modificar los test presentes en este apartado. Para ello acceder a la opción *reporte*, seleccionar en la parte izquierda el grupo en el que se encuentra aquel test que se quiere modificar o continuar, seleccionar en la parte central aquel en particular que interese, y pulsando sobre él con el botón derecho del ratón seleccionar *enfocar test*. Hecho esto se abre el plan con el test deseado. Tiene una gran utilidad a la hora observar como afecta a la evaluación automática los cambios realizados en los parámetros usados para la evaluación de señales (SWD). Esta opción se explicara más detalladamente en la sección Reportes, Acceso a test.



Instrumento: Esta opción esta pensada para realizar una inspección rápida de puntos concretos o calcular espesores o velocidades de transmisión del sonido sin tener que acceder a ningún plan en particular.

Planes: Permite la realización de planes de inspección, así como el ajuste y modificación de los previamente diseñados.

Árbol del plan: Es una manera grafica de ver la estructura de todos los planes definidos en la aplicación. Desde aquí se puede duplicar planes o borrarlos.

Transductores: Es el apartado desde el cual se definen los distintos palpadores que serán utilizados en los planes de inspección. Por defecto vienen definidos los más habituales.

Mantenimiento: Es la parte desde la que se realizan los backups de datos y desde la que se pueden editar turnos, defectos, causas de salteo, etc. Este apartado será descrito con más detenimiento posteriormente.

Usuarios: Es la parte desde la que se definen los usuarios, el grupo al que pertenecen, sus contraseñas y la caducidad de las mismas.

Salir al sistema: Este apartado cierra la aplicación Spotweld y vuelve al sistema. Solo es ejecutable si tanto el equipo como la aplicación han sido arrancados como administradores.

LogOff: Inhabilita el acceso a los apartados de operador, supervisor y administrador. Tiene la utilidad de hacer inaccesible la aplicación a cualquiera que no posea contraseña sin tener que salir de la propia aplicación.

Logon usuario nuevo: Permite cambiar de usuario sin tener que salir de la aplicación.

Ayuda: da acceso a los diferentes archivos pdf que contienen ayuda. Estos archivos por el momento se encuentran en ingles.

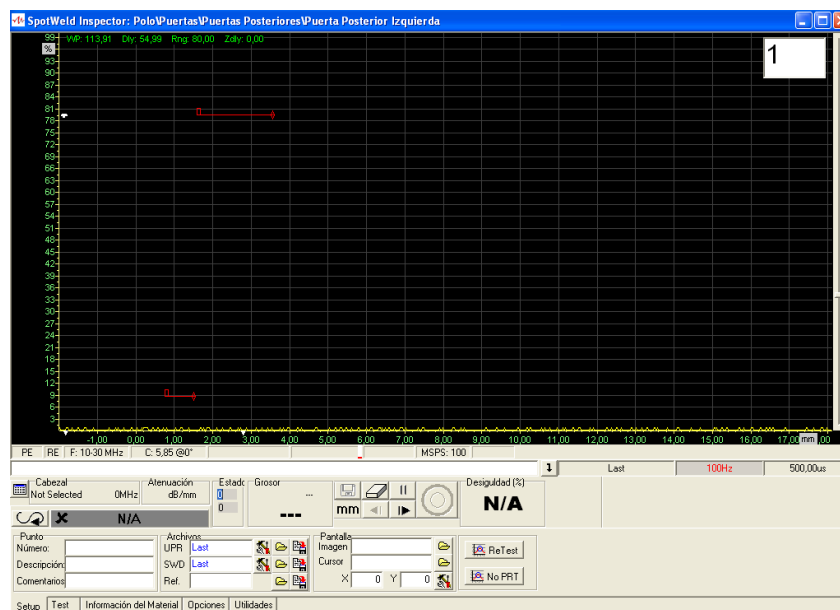
Apagar: Apaga directamente el ordenador sin tener que pasar por el menú de inicio de Windows.

Acerca de Spotweld: información técnica y legal sobre de la aplicación.

3. MENÚ PLANES

El apartado planes esta situado en el menú principal Spotweld y permite la realización de planes de inspección, así como el ajuste y modificación de los previamente diseñados. Únicamente pueden acceder a el los administradores del equipo.

Una vez abierta la opción *planes* y seleccionado o creado un plan aparece la siguiente pantalla:



Obsérvese que en la parte superior izquierda aparece el nombre del plan y los diferentes subgrupos a los que pertenece. En la parte de abajo y en color gris está la zona en la que se especifican los diferentes parámetros

que definen el plan. Se observan cinco pestañas diferentes cuyo significado y utilidad se describen a continuación:

3.1.1. SETUP

Pestaña principal en la que se define el nombre del punto a inspeccionar, la foto en la que aparece, las coordenadas del cursor que sitúa el punto dentro de la foto y los archivos UPR y SWD que lleva asociados. Esta pestaña se divide en tres apartados:





- **PUNTO**

Número: En esta casilla se especifica el número Volkswagen del punto a inspeccionar. Se recomienda anteponer la palabra punto al número para que el operador no confunda el nombre del punto con el orden que le corresponde dentro del plan.

Descripción y comentarios: Apartados sin utilidad específica. Podría utilizarse para determinar el robot y la instalación en el que el punto es dado. Rellenar estas casillas no es de obligado cumplimiento.

- **ARCHIVOS**

UPR: En esta casilla se especifica el archivo UPR que esta asociado al punto a inspeccionar. Cómo modificar uno ya existente o crear uno se realiza desde este apartado y se ve con detenimiento en el apartado Edición de parámetros UPR.

SWD: En esta casilla se especifica el archivo SWD que esta asociado al punto a inspeccionar. Cómo modificar uno ya existente o crear uno se realiza desde este apartado y se ve con detenimiento se vio en el apartado Edición de parámetros SWD.

Ref.: En esta casilla se especifica la señal A_Scan que se utiliza como señal comparativa o señal patrón para ese punto. Para que durante la inspección aparezca esta señal de referencia además de dejar indicada una señal en este apartado es necesario activar la opción *Mostrar A_Scan de ref.* presente en la pestaña opciones del menú *planes*.

- **PANTALLA**

Imagen: En esta casilla se especifica la imagen del punto de soldadura que es mostrada en el A_Scan. Es recomendable que estas imágenes estén almacenadas en carpetas dentro de la ubicación C:\Archivos de programa\ScanMaster\Spotweld\BMP, con formato mapa de bits (.bmp) y con un tamaño aproximado de 350 x 250 píxeles. Con este tamaño el cursor que establece por defecto la aplicación guarda proporción con la imagen.

Cursor: En este apartado se determina el cursor que se utiliza para señalar el punto a inspeccionar dentro de la imagen seleccionada. Por defecto la aplicación viene con uno que se llama cursor y esta ubicado en C:\Archivos de programa\ ScanMaster \Spotweld \BMP.

Su utilización resulta adecuada aunque siempre es posible utilizar cualquier otro cursor diseñado explícitamente para ello.

X, Y: Son las coordenadas que sitúan el cursor dentro de la imagen de la pieza a inspeccionar. El cursor se puede situar numéricamente desde este apartado o arrastrándolo con el ratón sobre la fotografía. Esta última opción es la más rápida.

ReTest: Esta opción presente en diferentes apartados de la aplicación y permite reevaluar una señal que haya sido congelada. Es útil cuando se modifican parámetros SWD y se quiere conocer como afectan estos cambios a la evaluación automática de la señal.

No PRT: En determinadas circunstancias la aplicación pide repetir el test de un punto concreto porque el tipo de señal no cumple unos requisitos mínimos (estos requisitos se especifican en el apartado Please Repeat Test) y no emite valoración alguna. Pulsando No PRT y siempre que sea posible, la aplicación ignora que la señal no es la adecuada y emite su valoración. Esta opción está presente en diferentes apartados de la aplicación.

3.1.2. TEST

Pestaña cuya utilidad es simular un test. En todos los apartados del menú *planes* es posible obtener una señal A_Scan de un punto de soldadura, pero solo en este apartado la señal es capturada de manera automática por la aplicación. Se utiliza para comprobar que los parámetros UPR utilizados, en concreto la situación de los puertos, son los adecuados para que la aplicación congele automáticamente la señal. Consta de cuatro apartados:

Punto Número: <input type="text" value="Punto X"/> Descripción: <input type="text"/> Comentarios: <input type="text"/>	Análisis No. de Picos 0 Others 0	Ganancia Current s 39,0 Grabada 39,0	Settings <input checked="" type="checkbox"/> ReTest <input checked="" type="checkbox"/> No PRT LOC SWD UPR
--	---	---	--

Punto: Apartado idéntico al presente en la pestaña *Setup* que tiene como función comprobar que el número, descripción y comentarios son los adecuados.


Análisis: En este apartado se muestran el número de backwalls (*No. De Picos*) y número de picos centrales y laterales (*Others*) que la aplicación ha detectado en la señal capturada. Si no hay ninguna señal capturada ambos números serán cero.

Ganancia: En este apartado se muestra la ganancia utilizada en ese momento por la aplicación (*Currents*) y la ganancia que ha sido especificada para esa configuración UPR concreta en el apartado *gain* de la caja de herramientas ultrasónica (*Grabada*).

Settings: Apartado desde el que se accede a las opciones ReTest, No PRT, a los archivos SWD y UPR y los localizadores. Estos últimos son útiles para hacer pequeños cálculos sobre la señal de manera manual. Se pueden desplazar sobre la pantalla arrastrándolos con el ratón. Su posición, la amplitud de los ecos sobre los que son situados y la diferencia de valores entre ambos localizadores se indican en pantalla.

3.1.3. INFORMACIÓN DEL MATERIAL

Pestaña en la que se definen los grosores de las chapas a inspeccionar, los materiales que la conforman y se realiza una primera aproximación a los valores SWD y UPR. Es el primer apartado al que se tiene que acceder cuando se esta diseñando un plan de inspección. Esta pestaña se divide en tres apartados:



T1, T2, T3: Son los grosores reales de las chapas a inspeccionar en el orden por el que son atravesadas por el ultrasonido. Las unidades del grosor serán milímetros y los decimales se separarán mediante una coma, de no ser así la aplicación no entenderá el número. Para confirmar los datos introducidos es necesario pulsar enter.

T1 se debe corresponder con la primera chapa que es atravesada, T2 con la segunda chapa y en el caso de combinaciones de tres chapas T3 seria la tercera. Es muy importante

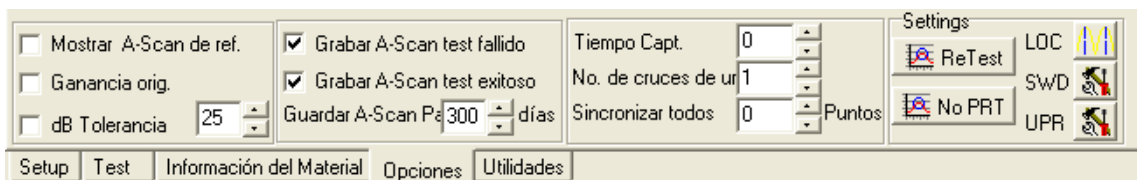
que la cara por la que va a ser inspeccionado el punto sea la de la chapa mas fina. De no ser así puntos sueltos podrían ser clasificados por la aplicación como puntos aplastados. No obstante un operador experimentado distingue perfectamente ambos casos.

M1, M2, M3: Apartados pensados para especificar los materiales de los que están hechas las chapas a inspeccionar. Rellenar estas casillas no es de obligado cumplimiento.

Set Default Values: Icono que realiza una primera aproximación de SWD y UPR. Es de gran utilidad y debe ser pulsado una vez hayan sido especificados los grosores de las chapas a inspeccionar.

3.1.4. OPCIONES

Pestaña en la que se detallan aspectos que afectan al conjunto total de los puntos presentes en un plan de inspección concreto. Las pestañas anteriores eran diferentes para cada punto del plan y definían las características propias de cada uno de ellos. Las opciones presentes son las siguientes:



Mostrar A_Scan de referencia: Activado divide la pantalla A_Scan en dos partes y en la mitad superior muestra el A_Scan de referencia indicado en la pestaña Setup del menú planes.

Ganancia original: En las piezas a inspeccionar es habitual que una configuración agrupe a una serie de puntos que se verifican de manera consecutiva. Con esta opción activada cada vez que el operador modifica manualmente la ganancia original y salta al siguiente punto (siempre que utilice la misma configuración) la ganancia de partida será la indicada para esa configuración, no la modificada. Si la opción estuviese desactivada y la ganancia fuera modificada, al saltar al siguiente punto (siempre que la configuración UPR fuera la misma) el valor de la ganancia de la que se partiría sería el

valor ya modificado en el punto anterior. Se recomienda no activar esta opción para que el operador no tenga que estar constantemente modificando la ganancia.

db Tolerancia: Activando esta opción se establece el valor máximo que la ganancia puede ser modificada manualmente por el operador, tanto inferior como superiormente. El valor máximo de incremento o reducción son los decibelios indicados en el cuadro situado en *dB Tolerancia*. Se recomienda no activar esta opción puesto que en la inspección de puntos carece de sentido.

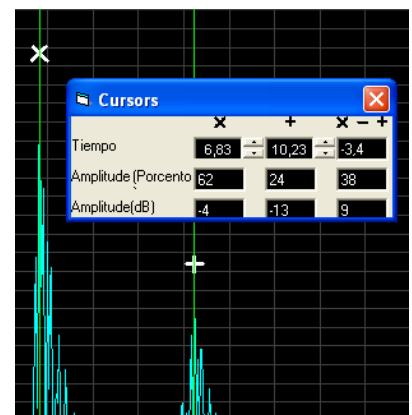
Grabar A_Scan test fallido: Esta opción activada almacena las señales A_Scan pertenecientes a los puntos buenos. Es útil tener la opción activada para poder ver como afectarían los cambios de los parámetros SWD a los resultados de las inspecciones ya realizadas.

Grabar A_Scan test exitoso: Esta opción activada almacena las señales A_Scan pertenecientes a los puntos defectuosos. Es útil tener esta opción activada para poder ver como afectarían los cambios de los parámetros SWD a los resultados de las inspecciones ya realizadas y observar el aspecto de las señales pertenecientes a los puntos defectuosos.

Guardar A_Scan Pa: Es el número de días que la aplicación guarda en su memoria los A_Scan. Estos ocupan poco espacio por lo que la cantidad a indicar en este apartado puede rondar los trescientos días.

Tiempo Capt.: Es el tiempo que la señal capturada queda congelada en pantalla. Cero equivale a infinito, es decir, hasta que no se pulsa pause o se salta al siguiente punto la señal A_Scan permanece en pantalla. Si se indica una cantidad diferente de cero esa cantidad serán los segundos que la señal permanezca en pantalla. Este tiempo es diferente del tiempo de refresco de pantalla. El valor óptimo para este apartado es cero.

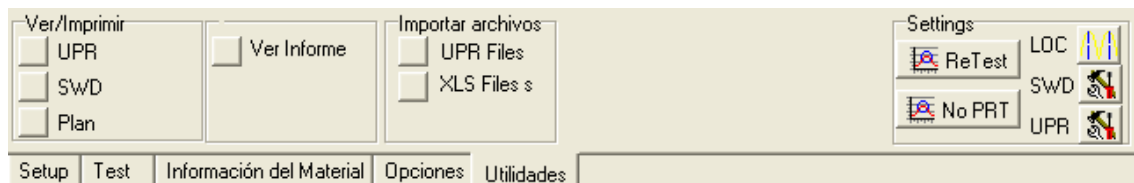
No. De cruces de un.: Es el número de veces que un backwall debe cruzar la puerta o ventana de captura para que la señal sea congelada. Se recomienda el valor indicado en este apartado sea uno.



Sincronizar todos: Si se indica un valor diferente de cero la aplicación muestra en pantalla un mensaje de texto que emplaza al operador a que se asegure que el punto que este inspeccionando se corresponda con el que debería de ser inspeccionado. Esta opción esta pensada para evitar posibles despistes. La frecuencia con que aparece este mensaje es la indicada en el cuadro situado en *Sincronizar todos*. Esta utilidad no ha demostrado ser especialmente práctica.

3.1.5. UTILIDADES

Pestaña que permite guardar los diferentes archivos presentes en el plan como archivos de texto. Guardar estos archivos no es necesario puesto que al realizar un backup de la aplicación los archivos UPR, SWD, y la estructura del plan quedan guardados automáticamente. También posibilita la importación de archivos UPR de otras aplicaciones Spotweld.



La opción más interesante de esta pestaña es Importación de archivos XLS Files (archivos Excel). Permite importar una plantilla de formato hoja de Excel en la que se especifican los nombres de todos los puntos del plan, con su descripción y comentarios, así como los espesores de todos los puntos y el material del que están conformados. De manera automática quedarán definidos todos los puntos que definen un plan con sus espesores. Como contrapartida quedaran por definir los archivos UPR y SWD asociados a cada punto, así como sus imágenes y cursores correspondientes. El nombre de la plantilla es Ultrasons_import_ENG y esta ubicada en L\proyecto ultrasonidos \ archivos Aplicación.

A continuación se puede observar una muestra de esa plantilla:

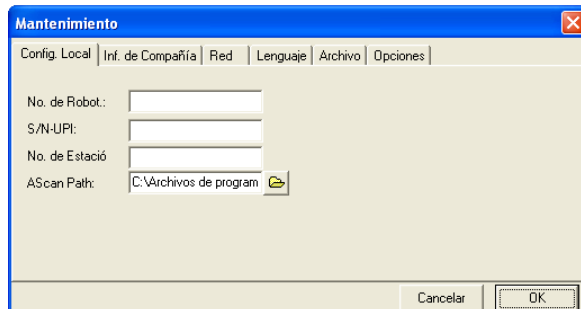
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Vehicle:	Car name		Part:	Front left door						
2											
3	Spot No.	Remarks (part 1)	Remarks (part 2)	Description (part 1)	M1	T1	M2	T2	M3	T3	Description (part 2)
4	Spot # 1	Remarks 1	and remarks a	Description 1	Steel	1	Steel	1		0	and a

Su uso es intuitivo y en la cabecera se especifican que columnas corresponden a cada campo.

4. MENÚ MANTENIMIENTO

Dentro del menú principal *Mantenimiento* es el apartado desde el cual se programan aspectos que afectan a la configuración de toda la aplicación. En esta parte se realizan los backups de datos se editan turnos, defectos, causas de salteo, etc. Consta de seis pestañas. Son las siguientes:

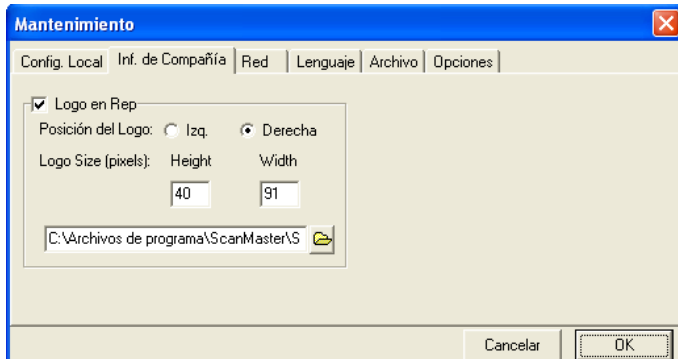
4.1 CONFIGURACIÓN LOCAL



Este apartado esta pensado para definir el robot y la instalación donde trabaja la aplicación ultrasónica, de esta forma se diferenciarían unos equipos de otros, y el directorio donde quedan guardados.

os los A_Scan. Como actualmente se esta trabajando en diferentes instalaciones el apartado donde se define el robot y la instalación carece de utilidad. El único apartado interesante es A_Scan Path, aquí se define el directorio donde son guardados los A_Scan. Se recomienda que este directorio tenga la dirección C:\Archivos de programa\ScanMaster\Spotweld\AScans.

4.2 INFORMACIÓN DE COMPAÑÍA



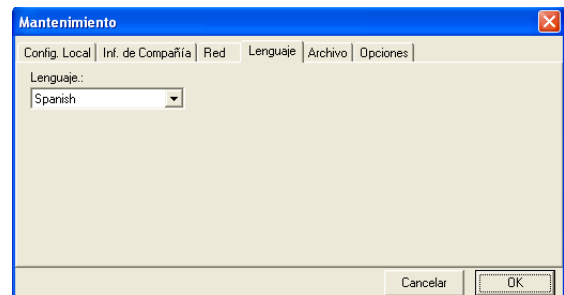
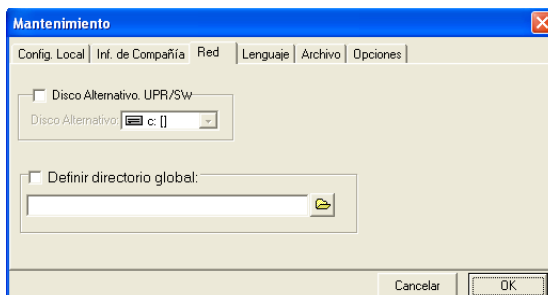
Este apartado tiene como función definir todos los aspectos necesarios para que en las cabeceras de todos los reportes aparezca el logotipo de la empresa. Para ello basta con activar la opción *Log en Rep.*, especificar la posición del logo, su

tamaño, que para el actual logotipo es 40 x 90, y la ubicación del archivo dentro del PC. En los equipos actuales el logo esta ubicado en C:\Archivos de programa\ScanMaster\Spotweld\BMP.

4.3 RED Y LENGUAJE

La importancia de estos apartados es escasa. La pestaña red tiene como utilidad definir un directorio alternativo para guardar los archivos SWD y UPR, este dirección puede ser cualquiera de las existentes en le PC o en la red en la que este integrado el PC.

La pestaña Lenguaje únicamente tiene como única función definir el lenguaje utilizado por la aplicación. Bastará con seleccionarlo.



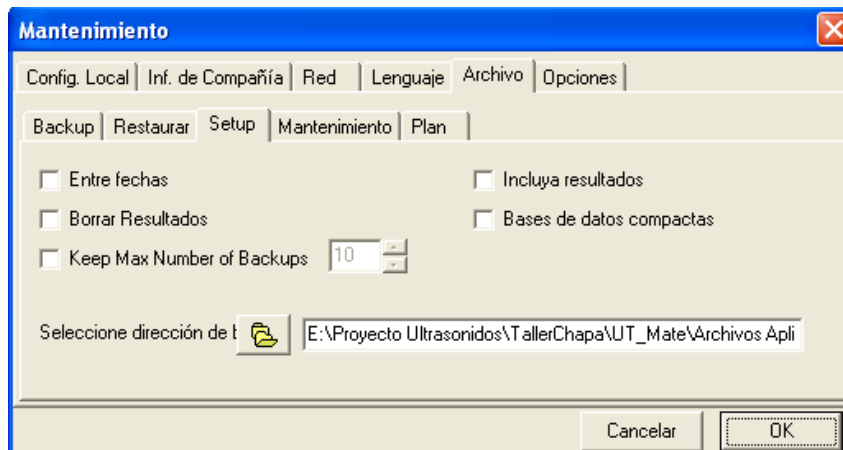
4.4 ARCHIVO

Apartado de gran utilidad puesto que es desde aquí donde se realizan los backups y las restauraciones de la aplicación. Tiene diferentes apartados:

- **Setup:**

En este apartado se definen las diferentes opciones existentes a la hora de realizar un backup. Estas opciones pueden ser seleccionadas o no, de tal forma que si no seleccionamos ninguna de ellas el backup realizado es básico y contiene la información

relativa a la configuración del sistema. Esta información será todas las configuraciones UPR, SWD y planes de inspección que han sido



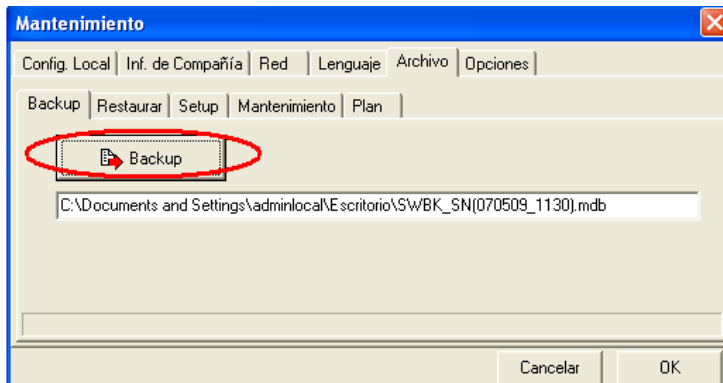
programados en el sistema, así como todos los archivos que estos planes de inspección llevan asociados. El destino de los backups se indica en la parte inferior del cuadro, en la opción *Seleccione dirección*.

Las opciones de backup son las siguientes:

- Entre fechas: Si se marca esta opción y siempre que también esté marcada la opción *Incluya resultados* el backup realizado contiene los resultados de las inspecciones realizadas entre las fechas indicadas en la opción *Backup*.
- Borrar resultados: Marcando esta opción se eliminan los resultados de los test contenidos en la aplicación. Se borrarán los resultados correspondientes a las fechas indicadas cuando el backup se realiza entre fechas o todos los resultados si el backup no se realiza entre fechas.
- Keep Máx. Number of backups: Opción pensada para el ahorro de espacio en la memoria del PC. Si esta opción es marcada cuando la aplicación llega al número de backups indicado machaca el más antiguo. Esto sucederá siempre y cuando el destino dentro del PC de todos los backups sea el mismo.
- Incluya resultados: Marcando esta opción el backup contiene los resultados y A_Scan correspondientes a las fechas entre las que ha sido realizado.

- Bases de datos compactas: Opción pensada para el ahorro de espacio. Solo es efectiva cuando el backup realizado contiene resultados. Es recomendable marcar esta opción a la hora de realizar los backups.


- **Backup:**



Pestaña desde la que se arranca la realización del backup. Para ello basta con pulsar el icono backup (marca roja). En este apartado también se indican las fechas entre las cuales se realiza el backup en el

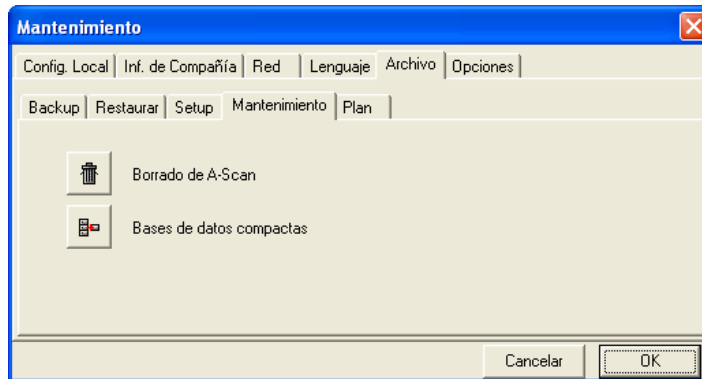
caso de que la opción *entre fechas* haya sido marcada. En la barra blanca se indica el nombre y la ubicación del backup a realizar.

- **Restaurar:**

El sistema deja abiertas dos posibilidades a la hora de restaurar un sistema. La primera de ellas es machacar toda la información contenida en el sistema y sustituirla por la contenida en el backup que se va a volcar en la aplicación. Esta operación se realiza pulsando el icono  para seleccionar el backup que se quiere volcar y pulsando el icono *Restaurar*.

La otra opción es unir la información contenida en la base de datos propia del sistema con la información contenida en el backup que se quiere volcar. Esta operación se realiza seleccionando el backup que se quiere volcar y pulsando el icono *Unir*. En caso de que existan en ambas bases de datos archivos o planes con idéntico nombre la aplicación pregunta uno por uno cual es el archivo que se desea conservar. La opción unir resulta muy practica cuando el equipo utilizado para diseñar el plan de inspección es diferente al utilizado para realizar las inspecciones diarias.

- **Mantenimiento**

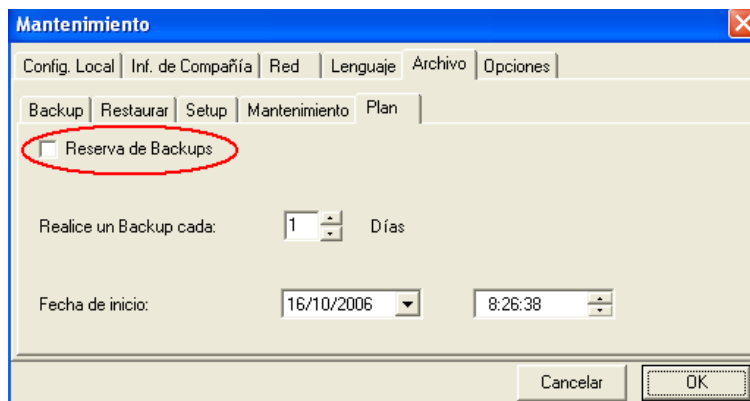


Esta parte tiene como función eliminar los A_Scan contenidos en la aplicación. Pulsando *Borrado de A_Scan* el sistema borra los A_Scan cuya antigüedad es superior a la indicada en cada plan dentro del apartado *opciones*

del menú *planes*. El sistema oculta los A_Scan cuando superan esta cifra pero no los elimina hasta que se realiza la acción de borrarlos.

Dentro de esta misma pestaña está el icono para compactar las bases de datos. Basta pulsar el icono *Bases de datos compactas* y el sistema realiza automáticamente la operación.

- **Plan**

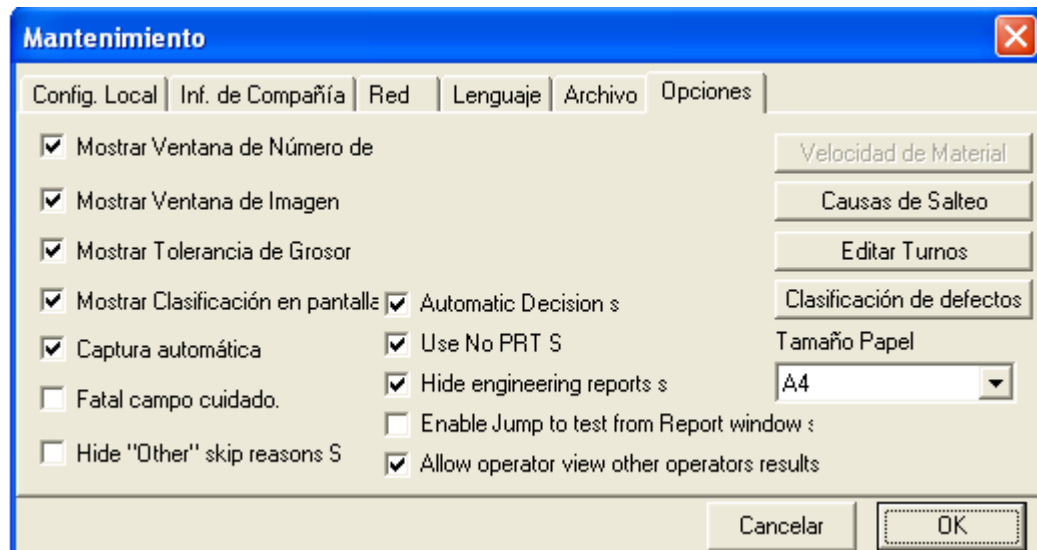


Pestaña cuya función es programar la realización automática de backups. Para ello basta con activar *Reserva de backups*, especificar la frecuencia con la que se quieren realizar en *Realizar un*

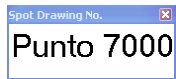
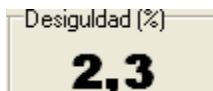
Backup cada, y señalar la fecha de inicio y la hora. Tener en cuenta que el backup tendrá las características indicadas en *Setup*, por lo que existe la posibilidad de que los resultados sean eliminados por descuido o de que esté activada la opción número máximo de backups y se machaquen los más antiguos.

4.5 OPCIONES

Esta pestaña es de gran importancia puesto que desde aquí se programan características que afectan al conjunto de planes de inspección contenidos en la aplicación. Además de estas características desde esta pestaña se editan los turnos, las causas de salteo y los defectos.



Las posibilidades que ofrece a la hora de definir las características conjuntas de los planes de inspección son las siguientes:

- **Mostrar Ventana de número de:** esta opción activada hace que en la pantalla A_Scan cuando se esté ejecutando un plan aparezca un cuadro con el nombre del punto. Se recomienda activar esta opción. 
- **Mostrar Ventana de imagen:** esta opción activada muestra en la pantalla del test la imagen indicada en el apartado imagen del menú *planes*. Se recomienda activar esta opción.
- **Mostrar Tolerancia de grosor:** esta opción muestra en pantalla un cuadro con la diferencia porcentual respecto al espesor total de las chapas. Se recomienda activar esta opción. 
- **Mostrar clasificación en pantalla:** si esta opción está marcada la aplicación clasificará los puntos según los diferentes tipos de errores. Si está desactivada

únicamente clasificará los puntos según el criterio de punto bueno o punto defectuoso. Se recomienda activar esta opción.

- **Captura automática:** esta opción activada posibilita la captura automática de la señal A_Scan. Si no estaría activada no se detendría la imagen de manera automática, tendría que ser capturada manualmente. Es absolutamente necesario activar esta opción.
- **Fatal campo cuidado:** opción que activada muestra un texto en pantalla que avisa cuando se sale de un plan que está siendo diseñando y no han sido guardados los cambios en las configuraciones o alguno de los parámetros necesarios para definir el plan. Se recomienda activar esta opción.
- **Hide “Other” skip reasons:** activando esta opción los operadores no pueden escribir otras razones para saltarse un punto cuando están ejecutando un plan de inspección. Si esta opción está desactivada los operadores pueden escribir manualmente razones alternativas a las causas de salteo seleccionando la opción Other. Se recomienda desactivar esta opción.
- **Automatic decisions:** esta opción marcada provoca que el algoritmo de decisión actúe de manera automática cuando la señal es capturada. Si la opción esta desactivada cuando una señal es capturada en pantalla se muestra un cuadro que deja al operador la posibilidad de decidir la categoría o clasificarla según el algoritmo de la aplicación (*Auto*). Se recomienda tener activada esta opción.
- **Use No PRT:** esta opción activada obliga al sistema a mostrar la información referente a la señal y su evaluación cuando se da el primero o el segundo de los casos contemplados en el apartado por favor repita test. En vez de mostrar el mensaje por *favor repita test* si la amplitud de el eco de superficie es menor que el 100% o si la amplitud de alguno de los backwall es menor que la del primero de ellos, muestra la evaluación de la señal. Esta opción desactivada provoca que la aplicación no evalúe





nunca una señal que este dentro de cualquiera de los casos contemplados en el apartado por favor repita test. Se recomienda tener esta opción desactivada

- **Hide engineering reports:** Marcando esta opción los reportes que son generados por el sistema de manera automática cada que se accede al menú *planes* quedan ocultos. Estos planos son denominados por la aplicación Eng Test. Se recomienda no activar esta opción.
- **Enable Jump to test from report window:** esta opción activada permite a los operadores saltar del reporte seleccionado a la pantalla de inspección para finalizar o modificar ese test. Bastaría con seleccionar el plan deseado, pulsar el botón derecho del ratón y seleccionar saltar a test. Se recomienda activar esta opción.
- **Allow operator view other operators results:** esta opción activada permite a los operadores observar en el apartado *reporte* los test realizados por sus compañeros. Se recomienda desactivar esta opción.

Dentro de este mismo apartado se encuentran tres iconos que dan acceso a las opciones de editar los turnos, causas de salteo y clasificación de defectos.

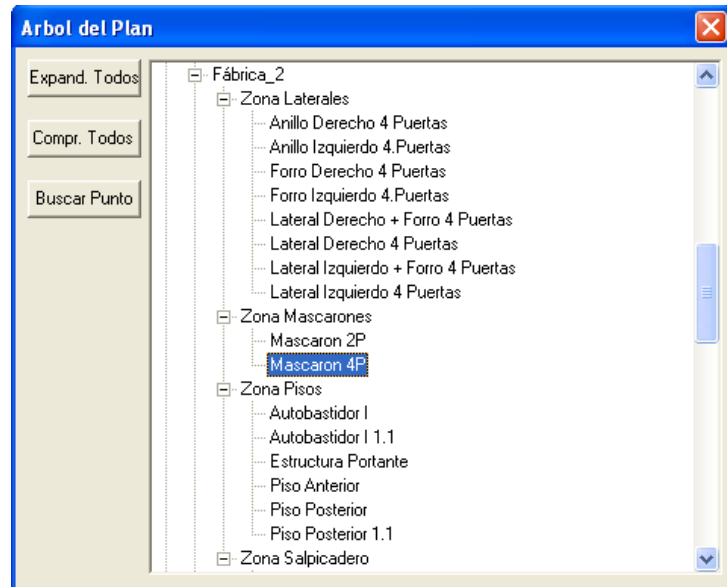
Causas de salteo: cuando durante una verificación un punto no puede ser sintonizado y el operador decide pasar manualmente al siguiente punto la aplicación le pregunta la razón del salto. Pulsando el icono causas de salteo se tiene acceso a la edición de la lista de causas que el operador puede esgrimir para saltarse la verificación de un punto.

Editar turnos: cuando se accede al programa la aplicación pregunta siempre el turno en el que se está y ofrece una lista de posibilidades. Desde Editar turnos se borran o añaden turnos a esa lista.

Clasificación de defectos: el listado de decisiones automáticas y manuales se edita desde este icono. Los nombres de las valoraciones automáticas que se dan a las señales se pueden modificar. Además existe la posibilidad de añadir nuevos tipos de defectos que podrían ser utilizados por los operadores para sobrescribir una decisión automática de la aplicación. El símbolo de la última columna indica a la aplicación si los puntos pertenecientes a esa categoría tienen que ser considerados como buenos o como malos.

5. ARBOL DEL PLAN

El apartado *árbol del plan* dentro de menú principal es una manera grafica de ver la estructura de todos los planes de inspección definidos en la aplicación. Solo pueden acceder a el los administradores. Es el único lugar desde el cual se pueden borrar, renombrar o duplicar tanto los planes como los diferentes niveles en los que esta estructurado el árbol del plan. Para ello basta con seleccionar el plan o nivel deseado y pulsar el botón derecho del ratón para poder seleccionar la opción deseada.



Los diferentes niveles en los que actualmente esta estructurado el árbol son los siguientes: El primer nivel indica el modelo de vehículo que va a ser inspeccionado, el segundo nivel determina la fábrica a inspeccionar (fabrica 1, fabrica 2 y taller 1B), el tercer nivel es la zona de GRC's donde se ubica la pieza que se inspecciona (laterales, mascarones, pisos y salpicadero) y el ultimo nivel se reserva para la pieza concreta.

Como fabrica 1 y fabrica 2 tienen los mismos planes la forma más eficaz para introducir un nuevo plan en ambas fábricas es la siguiente:

- Crear el plan en una de las fábricas.
- Realizar un backup de datos que no incluya resultados y no borre datos.
- Cargar ese backup en el otro equipo disponible y borrar todos los planes y fábricas exceptuando el nuevo plan creado y la ruta que lleva asta él. Después cambiar el nombre de esa fábrica por la fábrica en la que no esta el plan. Es posible que la aplicación no permita realizar cualquier cambio de nombre, buscar una alternativa



que la aplicación permita realizar utilizando diferentes signos, por ejemplo Fabrica_1 por Fabrica-1. Realizar un backup.

- Renombrar en el equipo en el que ha sido creado el plan original, la fabrica en la cual aun no está presente. Utilizar para ello el nombre creado en el punto anterior.
- Unir al equipo original el último backup realizado, que ya contiene el plan reubicado en la otra fabrica. El nuevo plan estará presente en ambas fábricas.

6. REPORTES

Esta opción está presente en el menú principal y tiene dos utilidades. Permite acceder a los informes estadísticos de los resultados de los planes de inspección ya ejecutados y permite continuar o modificar los test inacabados presentes en este apartado.

6.1 ACCESO A TESTS

Desde esta opción se tiene la posibilidad de continuar o modificar los test presentes de apartado. Para ello acceder a la opción *reporte*, seleccionar en la parte izquierda el grupo en el que se encuentra aquel test que se quiere modificar o continuar, seleccionar en la parte central aquel en particular que interese, y pulsando sobre él con el botón derecho del ratón seleccionar *enfocar test*. Hecho esto la opción se abre en el menú *planes* con el test deseado si es el administrador el que usa el equipo, o en el menú de inspección si es el operador. Tiene una gran utilidad a la hora de ver como afecta a la evaluación automática los cambios en los parámetros usados para la evaluación de señales (SWD).

Si la opción *Enable Jump to test from report window* esta activada (menú *mantenimiento*, pestaña *opciones*) los operadores también tienen la opción de continuar o modificar los test. El procedimiento es el mismo que en el caso de los administradores, pero en este caso una vez enfocado el test la aplicación se abre en el menú de inspección.

6.2 ACCESO A INFORMES ESTADÍSTICOS

Para acceder a los diferentes informes estadísticos se debe seleccionar la opción *herramientas*, que aparece en la esquina superior izquierda de la página que se despliega al seleccionar la opción *reporte* del menú principal. Una vez abiertos



todos los reportes dan la opción de ser impresos directamente o guardados en formato QRP, XLS, ó TXT, para ello basta pulsar los iconos correspondientes situados en la parte superior del reporte.

Los siguientes tipos de informes son referidos a un plan de inspección concreto. Para poder ser utilizados primeramente debe haber sido seleccionado en la parte izquierda de la pantalla el plan y en la parte central aquella inspección concreta que interese. Las posibilidades que ofrecen las diferentes opciones son siguientes:

Puntos malos, Informe Básico: muestra aquellos puntos que hayan sido clasificados como no buenos, su categoría, grosor y ganancia utilizada.

Puntos malos, Informe Extendido: muestra aquellos puntos que hayan sido clasificados como no buenos, con todos los parámetros que llevan asociados, tanto configuraciones y palpadores como características de la señal (grosor, número de ecos, atenuación y ganancia).

Todos los puntos, Informe Básico: informe que muestra todos los puntos del plan, buenos y defectuosos, con su categoría, grosor y ganancia utilizada.

Todos los puntos, Informe Extendido: informe que muestra todos los puntos del plan, buenos y defectuosos, con todos los parámetros que llevan asociados, tanto configuraciones y palpadores como características de la señal (grosor, número de ecos, atenuación y ganancia). Este informe es muy útil para realizar ensayos de correlación.

Reporte de A_Scan (Malo):

informe que muestra las señales A_Scan de los puntos clasificados como no buenos, con todos los parámetros que llevan asociados, tanto configuraciones y palpadores como características de la señal (grosor, número de ecos, atenuación y ganancia).

A04GP|Fábrica_2|Zona Salpicadero|Autobastidor II|10.05.2007 09.41.35

21 Número de Punto: 2551

Descripción:

Comentarios:

Resultado de Test: Bueno

Categoría: Punto Bueno

Grosor: 2,10

Ganancia [dB]: 35

No de Múltiplos: 6

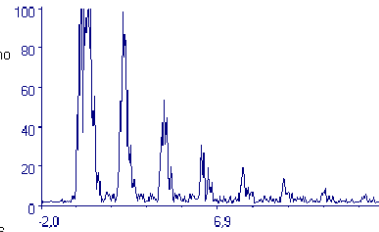
Others: 0

Atenuación [dB/m]: 2,14

Transductor: N20S3.6W

Archivo UPR: AutobastII 6

Archivo SWD: AutobastII 6



Reporte de A_Scan (Malo y Bueno):

informe que muestra las señales A_Scan de todos los puntos inspeccionados en el plan, con todos los parámetros que llevan asociados, tanto configuraciones y palpadores como características de la señal (grosor, número de ecos, atenuación y ganancia).

Informe estadístico:

El otro tipo de informe que se puede realizar es el informe estadístico. Este informe no está referido a una inspección concreta. Seleccionando los diferentes campos como el modelo, grupo, pieza y plan, extrae informes que aglutinan los resultados de todas las inspecciones realizadas con ese plan concreto. Es el tipo de informe mas completo porque permite conocer cuales son los puntos problemáticos del total de puntos testados, ya sea de un plan concreto o de una zona o fábrica en particular.

Resultados estadísticos

Seleccionar los resultados según:

☒ Modelo: A04GP

☒ Fecha: 08/05/2007 16/05/2007

☒ Grupos: Fábrica_2

☒ Operador: Supervisor

☒ Piezas: Zona Salpicadero

☒ NSTurno: Turno C

☒ Planes: Autobastidor II

☐ NSRobot:

☐ Puntos: 1(Punto 2986) 5(Punto 2796)

☐ NomPunto:

Elegir Resultados

☐ Puntos buenos
☐ Puntos malos
☒ Todos los puntos

Resumen

Informe STD

Salir de informe

Borrar Todos



Dependiendo de la opción elegida en el apartado *Elegir Resultados* los informes contendrán los puntos buenos, malos o todos los puntos.

Si se selecciona la opción *puntos* los informes harán referencia al intervalo de puntos seleccionado, no al plan completo.

Además de se pueden realizar múltiples filtros, tales como resultados entre fechas, según operador o según turno.

Una vez seleccionados los campos deseados se pueden extraer tres tipos de informes:

- Resumen: es el informe más básico pero resulta útil. Muestra el número de veces que ha sido testado cada punto (*No. De Test*), el número de resultados malos (*No. De puntos*), y el número de veces que ese punto ha sido saltado durante las inspecciones (*No Of Skipped SPOT*). En este reporte es indiferente la opción marcada en *elegir resultado*.
- Informe STD: informe mas completo que el anterior que muestra la fecha del test, la valoración y el grosor de cada punto. Por problemas del software el número de punto no se ve por lo que este informe carece de interés.
- Salir de informe: es el informe mas completo de todos. El titulo es consecuencia de una mala traducción. Indica para cada punto el nombre, la valoración, el número de backwall, el grosor, la atenuación, el cabezal y las configuraciones que lleva asociadas.

7. USUARIOS

Desde esta parte del menú principal se definen los usuarios, el grupo al que pertenecen, sus contraseñas y la caducidad de las mismas.

En fábrica existen dos grupos de usuarios diferentes: el grupo de operador y el grupo de administrador

El operador solo tiene capacidad para ejecutar planes de inspección y para generar informes estadísticos. Los operarios de fábrica encargados de realizar las inspecciones diarias están dentro de este grupo.

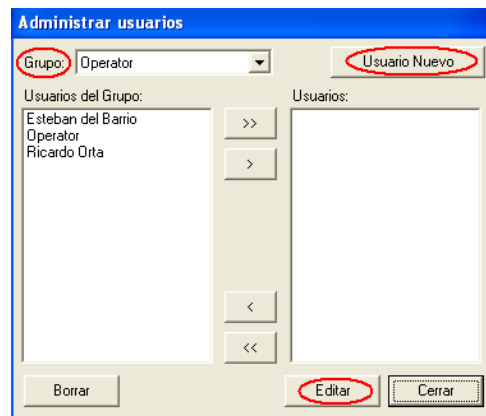
El administrador tiene capacidad de generar planes de inspección y modificar cualquier aspecto propio de la configuración del equipo.

Cada grupo de usuarios tiene acceso a las siguientes opciones del menú spotweld:

- Operador: Nuevo test, continuar test, reporte, instrumento, logoff, logon nuevo usuario, ayuda y apagar.
- Administrador: Tiene acceso a todas las opciones del programa.

Los grupos de usuarios se editan desde el menú principal, en el apartado usuarios.

Editar un usuario implica definir el grupo al que pertenece, su nombre y contraseña, y la fecha de caducidad de esa contraseña. Para editar un usuario acceder a *Usuarios*, elegir el grupo al que pertenece, seleccionarlo de la lista y pulsar el icono *editar*. Finalmente para confirmar los cambios realizados pulsar *Aplicar cambios*. Si no existe pulsar el icono *Usuario Nuevo*.




8. PARÁMETROS UPR

8.1 DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS UPR

Los parámetros UPR o ultrasonic parameters cumplen las siguientes funciones:


- Determinar las características del emisor-receptor para que la señal recibida en pantalla sea útil para la inspección de puntos de soldadura por resistencia.
- Mostrar en pantalla únicamente el rango de señal que nos interesa.
- Congelar la imagen cuando la señal recibida sea la adecuada.
- Establecer los diferentes modos y niveles de ganancia.

Estos parámetros están relacionados con el espesor total real de las chapas a inspeccionar y con el tipo de acero con el que están hechas. La velocidad de transmisión del sonido es diferente para cada tipo de metal y viene condicionada por su naturaleza. Por tanto todos los puntos presentes en una misma combinación de chapas deben tener la misma configuración UPR.

Estos parámetros están unificados en la caja de herramientas ultrasónica. Se accede a ellos desde la opción *planes* o *instrumento* (presentes en el menú principal), pulsando el icono  y solo pueden ser modificarlos por los administradores de equipo.

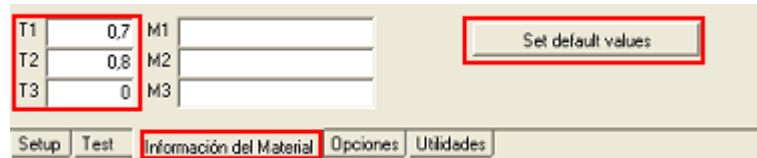
8.2 EDICIÓN DE LOS PARÁMETROS UPR


Para cargar un archivo UPR pulsar el icono remarcado en rojo que esta presente en la pestaña *Setup* del menú *Planes*     y elegirlo de la lista que aparece en pantalla.

Para guardar los cambios que son realizados en cualquiera de estos archivos pulsar el icono , que únicamente esta presente en la pestaña *Setup*, y seleccionar en el cuadro de dialogo la opción guardar.

Para crear una nueva configuración UPR seguir los siguientes pasos:

- Acceder al menú *Planes* y seleccionar el apartado *Información del material* (figura inferior).



- La primera aproximación se realizará de modo automático. Especificar en los apartados *T1* (primera chapa que atraviesa el sonido) y *T2* (segunda chapa que atraviesa el sonido) el grosor real de las chapas a inspeccionar. Si fueran tres chapas las que abarcara el punto tendría que ser rellenado el apartado *T3*.
- Pulsar el icono *Set default values*. La aplicación preguntará si se desea realizar la operación porque los cambios no guardados se perderán, responder afirmativamente. Esta aproximación es bastante buena y solo serán necesarios pequeños retoques que son especificados en la sección diseño de planes de inspección.
- Pulsar el icono de salvar la configuración .
- Cambiar el nombre del archivo por el que se crea oportuno. Esta operación se realiza en la parte inferior del cuadro de dialogo, en la casilla rectangular de fondo blanco. Aquí se muestra la ruta completa, el último grupo de palabras será el que corresponda con el nombre de la configuración. Basta con sustituir esta ultima parte de la ruta por el nombre de la nueva configuración que se quiere crear.

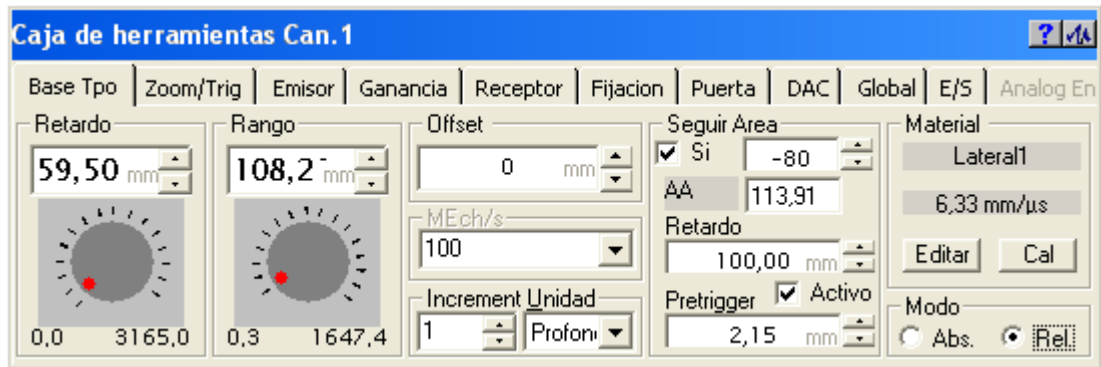
8.3 CAJA DE HERRAMIENTAS ULTRASÓNICA

La caja de herramientas ultrasónica es el lugar desde el cual se definen todos los parámetros UPR. Las distintas pestañas que están presentes y sus utilidades son las siguientes:

8.3.1. BASE TPO

En este apartado se establecen los valores de los parámetros de tiempo. Fija con respecto al cero del eje horizontal la parte de señal que interesa tener en cuenta para la

inspección, aquella que va desde la primera hasta la segunda secuencia de backwalls. Además determina la escala en mm del eje horizontal.



Los apartados que se deben tener en cuenta para la inspección de puntos de soldadura son los siguientes:

Retardo: Elimina la parte de la señal comprendida entre el primer grupo de ecos procedente del cristal y el eco superficial del material. Esta parte no interesa en la inspección de puntos de soldadura porque corresponde con el viaje del sonido a través del palpador. Con los palpadores de ScanMaster debe tener siempre un valor cercano a los 50mm. Este valor es determinado acertadamente por la opción *Set Default Values* y no es necesario modificarlo, salvo que no se tenga activado el seguidor superficial.

Rango: Establece la longitud del eje vertical. Esta longitud es el tiempo de muestreo o tiempo durante el cual el receptor analiza la señal recibida. En pantalla no se ve la totalidad de esta longitud, sino la especificada en el apartado Zoom Rango de la caja de herramientas ultrasónica. Debe abarcar el espacio comprendido entre el primer y segundo grupo de backwalls (primera y tercera ventana o puerto). Esta es la parte de la señal que interesa en la inspección de puntos de soldadura. No suele ser necesario modificarlo si se a utilizado la opción *Set Default Values*.

Increment: Establece el valor que se incrementa el retardo y el rango cada vez que son modificados sus valores con las flechas.

Unidad: Determina las unidades del eje vertical. La escala utilizada en soldadura por resistencia es la de Profundidad y para poder ser utilizarla debe ser conocida la velocidad



de transmisión del sonido a través de las chapas a inspeccionar. Una vez seleccionada la escala profundidad se debe elegir el material que vamos a inspeccionar de la lista desplegable que aparece en pantalla.

Seguir área: También llamado seguidor superficial de área. Sitúa el primer grupo de backwalls a la izquierda de la pantalla, colocando el eco de superficie a la altura del cero del eje horizontal. Hace posible de manera automática que se tenga la parte de señal que interesa correctamente situada al inicio del eje horizontal visto en pantalla. Debe estar siempre activada. Actúa localizando el primer punto de señal que es interceptado por una recta horizontal situada a la altura especificada por su valor numérico, buscando el punto de mayor amplitud de ese eco y situando la señal a partir de este punto sobre el cero del eje horizontal. Con esta opción activada el cero estará siempre en pantalla, y su posición dependerá del valor que hayamos especificado en el *pretrigger* y en el *zoom rango*. Es indiferente que su valor sea positivo o negativo puesto que la señal es una sinusoidal, y debe tener un valor comprendido entre 70% y 85 %. El valor establecido por defecto es – 80%. Si no estuviera activado tendría que ser afinado el valor de el retardo, y este sería proporcional a la longitud del palpador utilizado.

Pretrigger: Aquí se especifica la parte de el eje horizontal que queremos ver a la izquierda del cero, la parte negativa, que debe ser igual a la base del eco de superficie. Al pulsar la opción Set Default Valius lo activa y le da un valor aproximado de 2mm. Es recomendable pero no imprescindible tenerlo activado con valores próximos a la anchura de la base del eco de superficie, cercano a 2mm. Solo actúa si el seguidor superficial está activado.

Material: En este apartado se muestra el material que ha sido seleccionado con su velocidad correspondiente dentro del apartado unidad. Desde aquí también se accede al apartado *Cal*, en el cual se calcula la velocidad de transmisión del sonido a través de los metales, y al apartado *Editar*, desde el cual se edita el listado de materiales con sus respectivas velocidades.

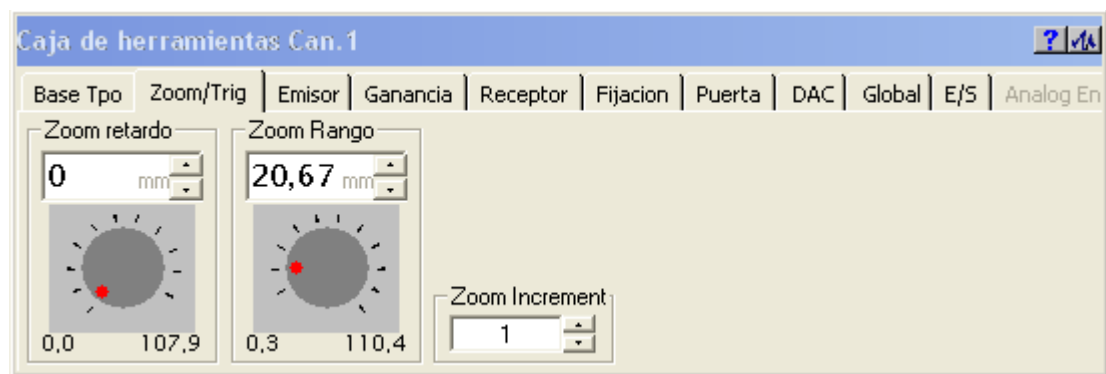
Modo: El modo relativo sitúa el cero a la izquierda de lo visto en pantalla independientemente del valor del retardo. En modo absoluto sitúa el cero al comienzo del

viaje del sonido, de esta manera el eje horizontal que vemos en pantalla comienza con el valor especificado en el retardo. Si se tiene activado el seguidor superficial no tiene sentido puesto que la aplicación sitúa automáticamente el eco superficial sobre el cero, y a su vez coloca el cero a la izquierda de la pantalla teniendo en cuenta la parte negativa del eje especificada en el apartado pretrigger.

Los apartados *Offset*, *Mech/s*, *AA* y *Retardo* del seguidor superficial carecen de interés para la inspección de puntos de soldadura y nunca son modificados.

8.3.2. ZOOM/TRIG

En el apartado Base Tpo se determinan los valores de tiempo que son utilizados por la aplicación para el análisis de la señal completa. Pero en la práctica únicamente interesa observar la parte correspondiente a la primera secuencia de ecos. Esto se debe a que para la evaluación de una señal no es necesario observar la segunda, puesto que tiene como única función determinar la potencia de la señal recibida, ni la parte correspondiente al viaje del agua. Esta función la realiza el apartado Zoom/Trig. Sus valores son determinados acertadamente con la herramienta Set default values. Tiene las siguientes opciones:



Zoom rango: Su valor numérico determina la longitud del eje horizontal que se presenta en pantalla. Este valor incluye las unidades del Pretrigger o parte negativa. El eje presentado en pantalla debe ser más pequeño que el utilizado por la aplicación porque prescinde de la segunda secuencia de ecos. Su valor debe ser tal que permita observar en

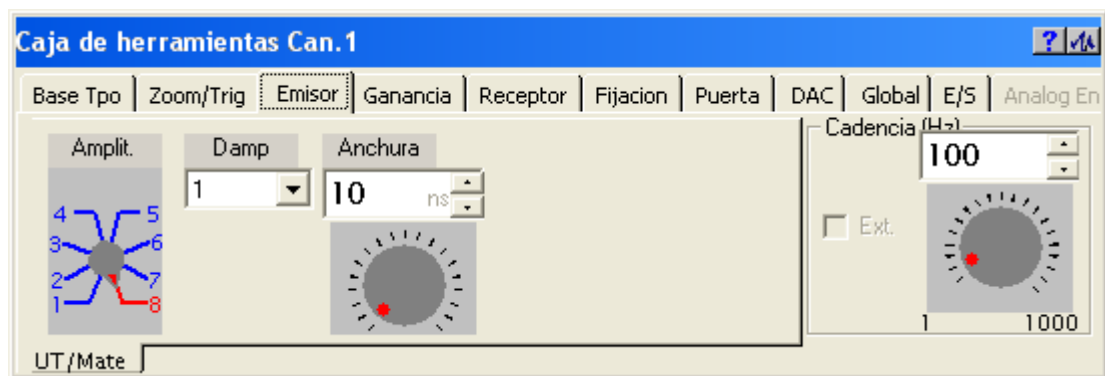
pantalla la totalidad de backwalls presentes en la señal de un punto bueno. Nunca podrá ser mayor que el rango establecido en tiempo base.

Zoom retardo: Su valor numérico establece la parte inicial de señal que es eliminada del eje horizontal establecido en Zoom rango. No tiene sentido si se esta trabajando con el seguidor superficial activado puesto que ya tendremos la señal situada correctamente sobre el inicio. Por tanto su valor deberá de ser cero. Puede ser útil para observar una zona muy específica de la señal en un momento concreto, pero carece de utilidad en la ejecución de planes de inspección.

Zoom Increment: Establece el valor que se incrementa el retardo y el rango cada vez que sus valores son modificados con las flechas.

8.3.3. EMISOR

En este apartado quedan definidas las características del palpador como emisor. Recordar que los palpadores utilizados en la inspección de puntos son emisores y receptores, es decir, es el propio palpador el que emite el ultrasonido y a su vez es él mismo el que lo recoge. Se pueden modificar los siguientes parámetros:



Amplitud: Modifica la amplitud del pulso de excitación (aquel que excita al cristal piezoeléctrico), modificando de este modo la amplitud de la señal recibida. Esta variación de amplitud es independiente de la ganancia utilizada. A valores mas elevados corresponden amplitudes mayores. Se recomienda trabajar siempre con el valor 8, puesto



que así la amplitud de la señal recibida será la máxima, facilitando la sintonización de los puntos.

Damp: Es un filtro electrónico. Cuanto mayor es el número mas fuerte es el filtro. Se recomienda trabajar con el valor 1. De este modo la amplitud de la señal recibida será la máxima.

Anchura: Modifica la anchura del pulso unitario de excitación. Varios pulsos unitarios conforman el tren de pulsos, el cual tiene una duración fija de 1,15 μ s. El tren de pulsos es la corriente que hace vibrar al cristal piezoeléctrico, produciéndose así los ultrasonidos. Es recomendable trabajar con valores comprendidos entre 10ns y 25ns. El valor más habitual, utilizado la mayoría de las ocasiones es 25ns. Si se trabaja con puntos de espesor cercanos a 1,5-2 mm la anchura de la base del eco de superficie es muy ancho, por lo que es recomendable utilizar una anchura menor, cercana a 10ns, de este modo el ruido entre backwalls se minimiza. No obstante la experiencia del programador determinara el valor mas adecuado.

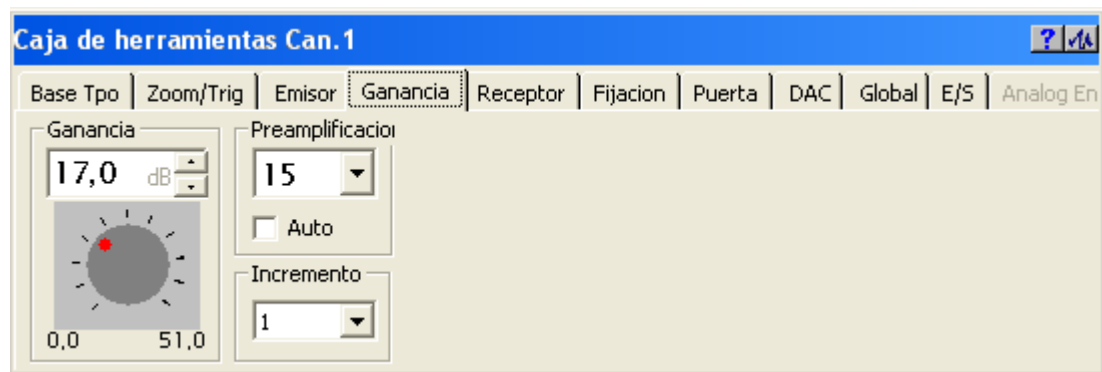
Cadencia: Es la frecuencia de repetición del tren de pulsos (PRF) que excitan al cristal piezoeléctrico. Cada tren de impulsos genera una imagen de onda, por lo tanto la cadencia también será el número de imágenes por segundo que toma la aplicación. El valor óptimo para la inspección de puntos de soldadura es de 100Hz. El límite del aparato es 1000Hz, pero valores de este orden sobresaturan la capacidad de procesamiento del PC. Una frecuencia de 100 imágenes por segundo es suficiente para la inspección de puntos de soldadura.

8.3.4. GANANCIA

En este apartado se define el valor de la ganancia base utilizada para la inspección. Esta es la suma de la ganancia generada por dos amplificadores diferentes.

La ganancia base puede ser modificada por el operador con el mando a distancia, con la barra derecha de la pantalla de inspección o con los botones F4 (incrementar 6db) y F5 (reducir 6db). Pero si después de variar su valor no son guardados estos cambios (esta situación es la mas habitual ejecutando planes de inspección) al volver a cargar la

configuración partiremos de la ganancia base. Por todo esto es recomendable calcular la ganancia media utilizada y establecer este valor como ganancia base. Las opciones que se tienen son las siguientes:



Preamplificador: Amplificador base de rango 45db e incrementos de 15db. Con este amplificador se establece un primer acercamiento al valor de la amplificación total. El valor óptimo para la inspección de puntos con palpadores ScanMaster es 15db, de este modo no se fuerza el segundo amplificador y se llega a todos los valores de ganancia necesarios en la inspección de puntos.

Ganancia: Es la ganancia aplicada por el segundo amplificador. La ganancia total es la suma de las ganancias generadas por los dos amplificadores. Tiene un rango de 50db e incrementos mínimos de 0,2db. Con este amplificador se realiza el ajuste fino de la ganancia total.

Auto: En modo auto activado se modifica el valor del preamplificador de modo automático en función de la ganancia requerida durante una inspección, es decir, equilibra de manera automática los dos amplificadores. El valor de la ganancia total en modo auto es el valor numérico mostrado bajo el apartado ganancia y su rango 0db-94db. En modo auto desactivado se deja fijo el preamplificador en el valor establecido. De este modo el rango de la ganancia total queda limitada inferiormente por la ganancia establecida en el preamplificador y el tope superior es el valor del Preamplificador mas el rango de Ganancia

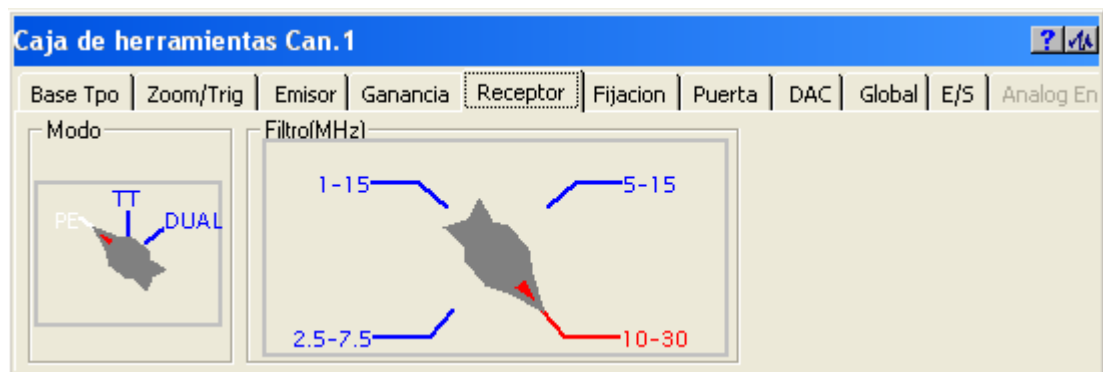
(50db). El valor de la ganancia total en modo auto desactivado es la suma de los valores mostrados bajo los apartados ganancia y preamplificador.

En inspección de puntos de soldadura es imprescindible trabajar con el modo auto desactivado. Trabajar con el modo auto activado provocará que el valor de la ganancia del DAC (ver apartado siguiente 8.3.8) sea modificado automáticamente cada vez que el valor de la ganancia del preamplificador varíe. Esto provocará que la barra de perpendicularidad se desajuste cada vez que la ganancia sea modificada una cantidad tal que el valor del preamplificador varíe.

Incremento: Establece el valor que se incrementa la ganancia cada vez que modificamos sus valores con las flechas o con el mando a distancia. El valor mas indicado para la inspección de puntos es un incremento de una unidad.

8.3.5. RECEPTOR

En este apartado quedan definidas las características del palpador como receptor. Las diferentes opciones presentes y su significado son las siguientes:

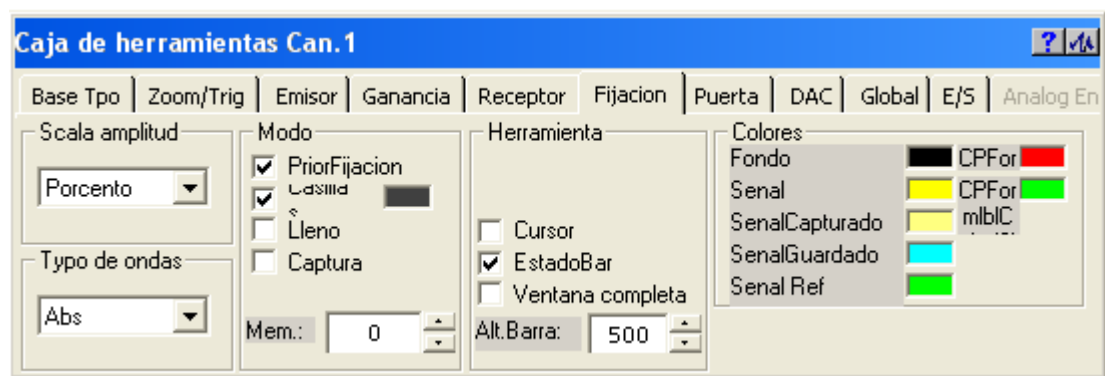


Modo: Aquí se establece el modo de trabajo de la aplicación. En verificación de puntos siempre se tendrá que trabajar en el modo PE, que significa modo pulso eco. Todos los palpadores para la verificación de puntos están basados en el modo pulso eco. Esto significa que la tarjeta externa manda pulsos eléctricos al palpador y este los convierte en ultrasonidos mediante el cristal piezoeléctrico. El eco de estos ultrasonidos vuelve al palpador y aquí se vuelven a convertir en pulsos que son transmitidos a la tarjeta.

Filtro: Aquí se debe seccionar el rango de frecuencias en el que el palpador trabaja. De este modo la aplicación desecha mediante un filtro electrónico todas las señales que llegan a frecuencias diferentes de las del rango especificado. Los palpadores utilizados actualmente son de la marca ScanMaster y trabajan a una frecuencia de 20MHz. Por ello el rango de filtro a seleccionar a de ser 10-30Hz. Palpadores de otras casas trabajan a frecuencias diferentes.

8.3.6. FIJACIÓN

En este apartado se definen diferentes características visuales observables en el display o pantalla principal. Los apartados que tiene son los siguientes:



Scala amplitud: Establece la escala utilizada en el eje vertical o eje de amplitud. En inspección de puntos se utiliza siempre la escala porcentual, escala que divide el eje vertical observado en pantalla en tramos iguales y equidistantes, el porcentaje por tanto representa únicamente una proporción del eje vertical. Las otras opciones son bits, voltios y decibelios, pero nunca serán utilizadas.

Tipo de ondas: Establece el tipo de presentación en pantalla de la señal recibida por el palpador. La señal original que se recibe, puesto que es una señal eléctrica, es sinusoidal. La aplicación tiene cuatro posibilidades de presentación en pantalla:

- **Positive:** Únicamente se presenta en pantalla y se tiene en cuenta la parte positiva de la señal.



- Negative: Únicamente se presenta en pantalla y se tiene en cuenta la parte negativa. Ésta es trasladada a la parte positiva.
- Abs: Se presenta en pantalla una imagen que es la superposición de la parte positiva y la parte negativa. La señal es completa y la parte negativa es trasladada a la parte del eje correspondiente con la parte positiva.
- RF: Es la señal original, y se muestra en pantalla tanto la parte positiva como la negativa en su ubicación original.
- En inspección de puntos de soldadura la señal que ha quedado demostrado ser mas útil es la absoluta (Abs), de modo que se trabajará siempre con ella. Para calibraciones de palpadores se suele utilizar la señal completa (RF).

Modo: En este apartado se establecen diferentes aspectos visuales de la presentación en pantalla. Consta de los siguientes apartados:

- PriorFijacion: El modo activado hace que cuando la caja de herramientas ultrasónica se encuentra desplegada esta se encuentre siempre superpuesta al resto de ventanas, incluidas aquellas que no son propias de la aplicación. En modo desactivado se oculta la caja de herramientas cada vez que accedemos a cualquier otra ventana del ordenador, incluida la propia de la aplicación. Se recomienda trabajar con prioridad fijación activada.
- Casilla: Esta opción activada presenta a modo de fondo una malla cuadriculada sobre la pantalla del display. Pinchando sobre el recuadro que hay a su derecha se puede elegir el color de la malla. Se recomienda su uso puesto que da una idea visual aproximada del tamaño del eje horizontal utilizado.
- Lleno: Esta opción desactivada presenta la señal recibida únicamente como el contorno exterior, es una línea. La opción activada rellena toda el área que hay bajo esa línea periférica. Se recomienda trabajar con la opción desactivada para percibir mejor los detalles.
- Captura: Este apartado activado congela la señal de igual manera que lo hace el pause. Carece de sentido en inspección de puntos de soldadura y esta siempre desactivada.



- **Mem.:** Esta opción es el tiempo de refresco de la pantalla. El valor cero equivale a un refresco continuo, del orden de 40 imágenes por segundo. Este es el valor mas practico y se hace necesario trabajar siempre con él.

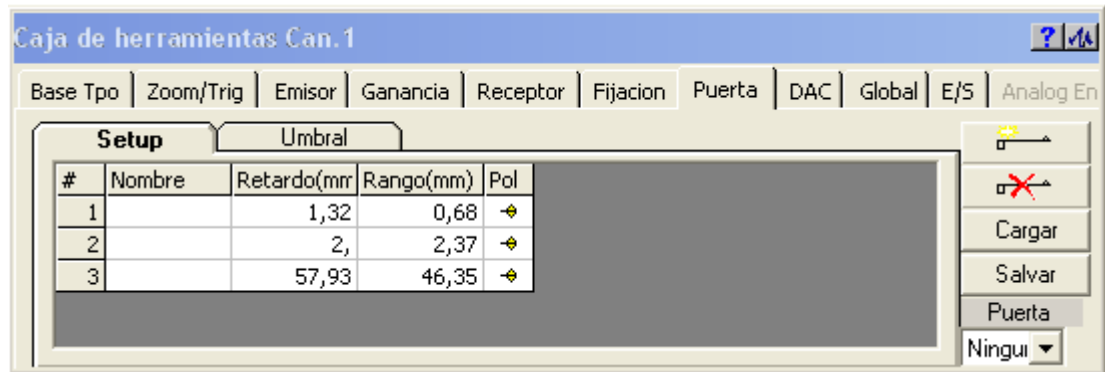
Herramienta: Apartado en el que se encuentran diferentes herramientas que facilitan el trabajo con ultrasonidos. Consta de las siguientes posibilidades:

- **Cursor:** Permite acceder de manera permanente a los localizadores. En inspección de puntos de soldadura se hace necesario trabajar siempre con esta opción desactivada.
- **EstadoBar:** Esta opción activada provoca que se muestre en la pantalla de inspección información adicional sobre la configuración electrónica utilizada en ese momento por el sistema (modo, MSPS, ns)
- **Ventana completa:** Activando esta opción aparece una pantalla flotante en la que se muestra la totalidad del rango especificado en la pantalla Base Tpo de la caja de herramientas ultrasónica. Es útil cuando se quiere observar si la tercera ventana corresponde con el segundo grupo de backwalls.
- **Alt. Barra:** Establece la anchura de la barra de perpendicularidad. El valor óptimo es 500 unidades.

Colores: Apartado en el que se determina el color del fondo, puertas y de las diferentes señales que aparecen durante la inspección. Los colores que vienen por defecto son bastante adecuados y no se hace necesario modificarlos.

8.3.7. PUERTA

En este apartado se determina el número de puertas a utilizar así como sus dimensiones y situación. Se pueden modificar numéricamente desde este apartado o gráficamente en la propia pantalla del A_Scan, siempre y cuando hayamos accedido a la opción Planes del menú principal. El significado de los diferentes iconos y valores es el siguiente:






Setup: En este apartado se define el punto de comienzo horizontal de cada puerta, su longitud y su polaridad. Estos parámetros quedan definidos en los apartados siguientes:

- Retardo: Establece en milímetros el punto horizontal en el que comienza la puerta.
- Rango: Establece en milímetros la longitud total de la ventana.

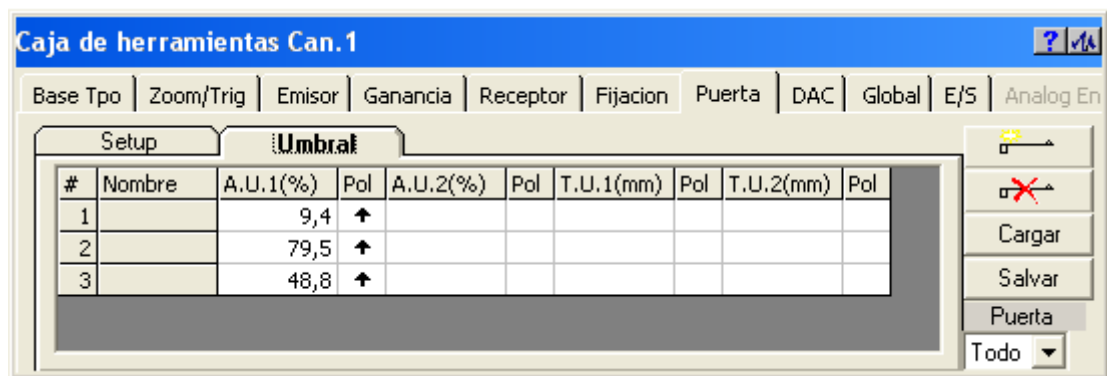
Si no existe necesidad por motivos de precisión se recomienda modificar los parámetros de altura y rango gráficamente en la propia pantalla. Para modificar el retardo habrá que mantener pulsado el ratón sobre el extremo izquierdo de la puerta y arrastrar, y para modificar el rango habrá que realizar la misma operación, pero en el extremo derecho.

- Pol: La señal original es una señal sinusoidal, pero por practicidad, en pantalla se presentan conjuntamente la parte positiva y la negativa solapadas en la zona superior positiva del eje vertical. La aplicación da la posibilidad de situar las ventanas de las siguientes formas:

-  : Se sitúan dos ventanas, de idéntico retardo, rango y amplitud, a ambos lados de la parte positiva del eje horizontal. En pantalla solo se ve una porque al superponer las señales se solapan ambas puertas. La señal será tenida en cuenta por la aplicación cuando cualquiera de las dos puertas sea atravesada por alguna señal.
-  : Existe una única ventana que esta situada en la parte inferior del eje horizontal. Al superponer la señal la ventana se verá en la parte superior. La señal solo será tenida en cuenta cuando su parte negativa cruce esa puerta.

-  : Existe una única ventana que esta situada en la parte superior del eje horizontal. La señal será tenida en cuenta únicamente cuando su parte positiva cruce esa puerta.

En la inspección de puntos de soldadura la polaridad más adecuada es la que sitúa dos ventanas, una a cada lado de la parte positiva del eje horizontal.



Umbral: En este apartado se define la altura sobre la que esta situada cada puerta y su sentido de polaridad. Estos parámetros quedan definidos en los apartados siguientes:

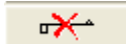
- A.U.1 (%): El valor numérico de este apartado es la amplitud o nivel sobre el que situamos la ventana. Este número es el valor absoluto. Dependiendo de la polaridad de la puerta que haya sido seleccionada, la aplicación situara la puerta en la parte positiva o negativa.
- A.U.2 (%): Esta casilla esta pensada para definir ventanas de doble nivel. No la utilizaremos en inspección de puntos de soldadura. Solo tendría utilidad en la calibración de palpadores.

Pol: En este apartado se define el sentido de la polaridad de las puertas. Un sentido positivo significa que para que se considere que la puerta ha sido cruzada la señal ha debido atravesarla en dirección eje horizontal-ventana. Este sentido se representa con una flecha apuntando hacia arriba. Un sentido de polaridad negativo implica lo contrario y se representa con una flecha apuntando hacia abajo. En inspección de puntos de soldadura se trabaja siempre con sentido de polaridad positivo.

Iconos: Los iconos que están presentes en el apartado Puerta y sus utilidades son los siguientes:

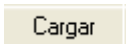


: Icono utilizado para añadir nuevas puertas o ventanas a las ya existentes



: Icono utilizado para suprimir ventanas. Se eliminara aquella que esté la última en la lista.

Si se ha utilizado la opción *Set default values* no será necesario ni añadir ni suprimir ninguna puerta puesto que se crean automáticamente las tres ventanas necesarias. En el caso de calibraciones de palpadores si será necesario añadir o suprimir puertas.



: Iconos que cargan y salvan agrupaciones de puertos. Carecen de sentido puesto que al guardar la caja de herramientas ultrasónica (UPR) los puertos utilizados por esa configuración en ese momento quedan automáticamente almacenados dentro de la caja de herramientas. La opción Cargar y Salvar está pensadas para ser utilizada en otras aplicaciones de ultrasonidos.



: La presentación en pantalla del puerto puede venir acompañada de información adicional sobre sus parámetros. Desde este icono se puede seleccionar esa información. Las opciones que se ofrecen son las siguientes:

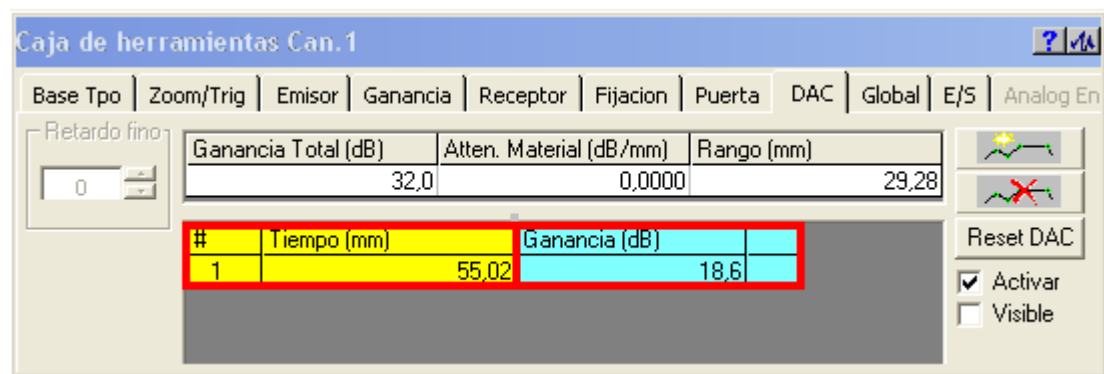
- Ret&Rang: Muestra sobre cada puerto el retardo y el rango de la puerta.
- Amp&Tpo: Muestra sobre cada ventana la amplitud máxima de la señal que se encuentra bajo ese puerto. Además especifica el punto en el que se da esa amplitud máxima.
- Todo: Muestra sobre cada puerta el retardo y el rango de esa ventana. Además muestra la amplitud máxima que se da bajo esa puerta y el punto en el que se da esa amplitud.
- Ningún: No se muestra ninguna información adicional sobre la puerta.

La opción más recomendable es que no se muestre información adicional alguna puesto que para la inspección de puntos carece de interés.

8.3.8. DAC

En este apartado se determinan los valores que condicionaran la altura de la barra de perpendicularidad. La altura de la barra de perpendicularidad es la altura de la segunda secuencia de ecos, y a esta segunda secuencia se le aplica una ganancia diferente a la del resto. Los valores que definen donde se encuentran la ubicación de la segunda secuencia de ecos y el valor de la ganancia aplicada a esa zona se modifican desde este apartado.

Se pueden modificar tanto numéricamente como en la propia pantalla del A_Scan, siempre y cuando hayamos accedido a la opción Planes del menú principal y se tenga el modo visible activado. El significado de los iconos y valores relevantes para la inspección de puntos es el siguiente:



Ganancia Total (dB)	Atten. Material (dB/mm)	Rango (mm)
32,0	0,0000	29,28

#	Tiempo (mm)	Ganancia (dB)	
1	55,02	18,6	


Ganancia Total (dB): En esta casilla se muestra la ganancia a la que actualmente esta trabajando la aplicación. No tiene por qué ser modificada desde aquí. Tiene un carácter informativo. El valor de la ganancia de la aplicación condiciona el valor de la ganancia de la segunda secuencia de ecos; aumentar o disminuir la ganancia de la aplicación provoca el mismo incremento en la ganancia de la segunda secuencia.


Tiempo (mm): El valor de esta casilla, resaltada con amarillo, determina el punto del eje horizontal en el que comienza la nueva zona de ganancia. Esta nueva zona tiene que coincidir con la segunda secuencia de ecos y con la tercera puerta.

Ganancia (dB): El valor especificado en la parte Ganancia, resaltada de color azul, determina el valor de ganancia aplicada a la nueva zona, aquella zona cuyo comienzo hemos especificado en el apartado anterior. Esta segunda ganancia será menor que la primera y la experiencia nos dirá cual es el valor óptimo. Los valores habituales estarán


comprendidos entre 20 dB y 30 dB. Hay que tener en cuenta que cuando se modifica la ganancia de la aplicación se modifica las mismas unidades la ganancia de la segunda secuencia. Por lo tanto se debe tener en cuenta la ganancia a la que esta trabajando la aplicación a la hora de definir el valor de la ganancia de la nueva zona. Mientras se esté modificando el DAC se recomienda activar la opción visible para ver más gráficamente estos conceptos.


Es absolutamente necesario que la ganancia este en modo no automático. De no ser así cada vez que la aplicación modifique automáticamente la ganancia del preamplificador se vera alterada la ganancia propia de la segunda secuencia.

 : Este icono activado hace que se establezcan las diferentes ganancias en las diferentes zonas del A_Scan definidas en el apartado anterior. Con este modo desactivado la ganancia de la aplicación es igual en toda el A_Scan.

 : Este icono activado hace visible gráficamente las diferentes zonas de ganancia en las que se divide la pantalla del A_Scan. Las operaciones de ajuste de parámetros también se pueden realizar gráficamente. Basta con activar la opción Visible para ver en pantalla los segmentos que definen el DAC. La ubicación de estos segmentos puede ser modificada simplemente pinchando sobre sus nodos con el ratón y arrastrándolos hacia otras zonas.

Se recomienda tener activado este modo cuando se están modificando valores del DAC, de este modo se puede ver si la zona con ganancia modificada se corresponde con la segunda secuencia de ecos.

 : Añade un nuevo sector o zona de ganancia diferenciada cada vez que es pulsado. La aplicación UT_Mate permite añadir cuantos sectores se desee, pero para la inspección de puntos de soldadura únicamente es necesario añadir uno. Este sector coincidirá con la segunda secuencia de ecos.

 : Elimina el último sector añadido.

 : Elimina todos los sectores de ganancia diferenciada.

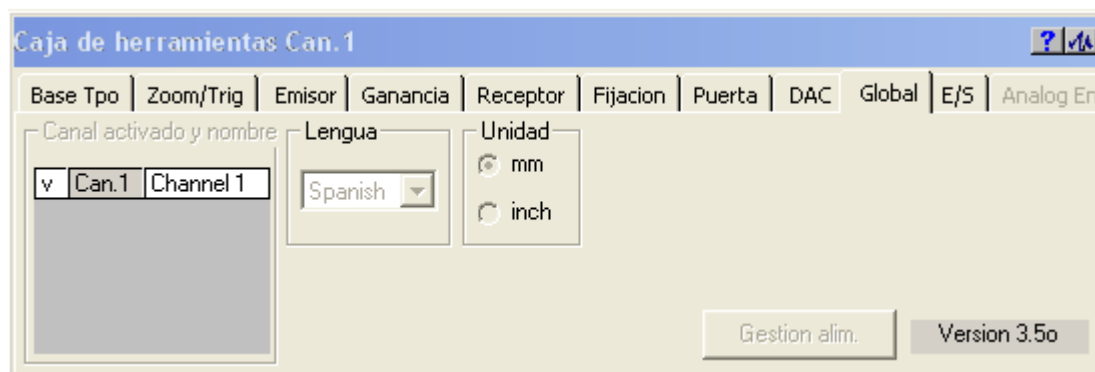


Tanto *Atten. Material (dB/mm)* como *Rango (mm)* carecen de utilidad en la inspección de puntos de soldadura, son opciones pensadas para otros usos de la aplicación.

Las operaciones de ajuste de los diferentes valores se pueden realizar gráficamente. Basta activar la opción Visible y en pantalla aparecerán los segmentos que definen el DAC. Estos segmentos podrán ser modificados simplemente pinchando sobre en sus nodos con el ratón y arrastrándolos.

8.3.9. GLOBAL

En este apartado se muestra información relativa a la configuración global de la aplicación. No es posible modificar ninguno de sus parámetros. Da la siguiente información:



Canal utilizado: Para inspección de puntos de soldadura será siempre el uno.

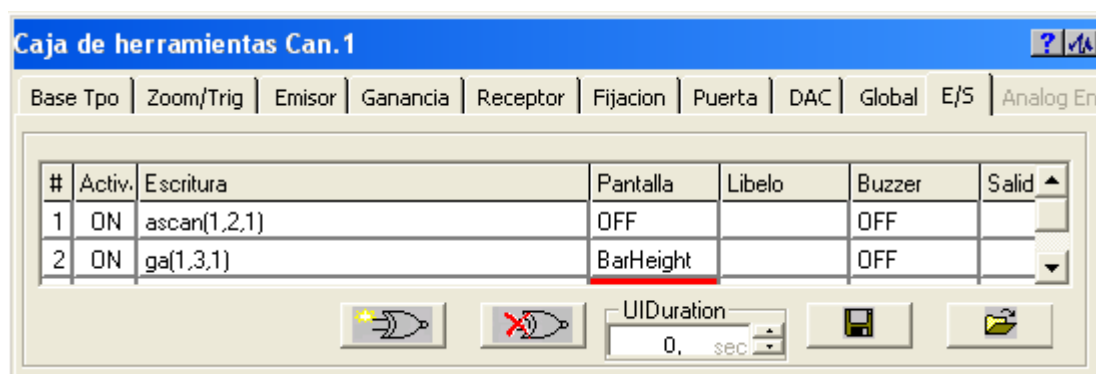
Idioma: Por defecto será siempre el castellano.

Unidades: Por defecto serán siempre mm.

Versión: Muestra que versión de la aplicación esta operativa.

8.3.10. E/S

En este apartado se definen algunas de las condiciones lógicas presentes en la aplicación y esta pensado para poder programar unas salidas determinadas vía tarjeta UT_Mate.



Esta aplicación tiene capacidad para emitir unas salidas concretas tales como pitidos, señales graficas o contadores en función de unas entradas determinadas, como pueden ser puertas rebasadas o valores alcanzados. Estas posibilidades nunca se utilizan en inspección de puntos de soldadura.

Las únicas indicaciones lógicas que deben estar presentes en el apartado E/S para la inspección de puntos de soldadura son:

#	Activ.	Escritura	Pantalla	Libelo	Buzzer	Salid
1	ON	ascan(1,2,1)	OFF		OFF	
2	ON	ga(1,3,1)	BarHeight		OFF	
3	ON	ga(1,1,1)andganot(1,2,1)	BarColor		OFF	
4	ON	ganot(1,1,1)andganot(1,2,1)	BarColor		OFF	
5	ON	ga(1,1,1)andga(1,2,1)	BarColor		OFF	
6	ON	ganot(1,1,1)andga(1,2,1)	BarColor		OFF	

Estas indicaciones, siempre y cuando se encuentren activadas, hacen que la aplicación realice las siguientes acciones:

- Captura automática de la señal cuando se cumplen las condiciones necesarias (ver capítulo “Condiciones para que la aplicación congele automáticamente una señal”).
- Evaluación automática de la señal cuando esta ha sido congelada.
- Presencia de la barra de perpendicularidad con sus respectivos colores en función de las puertas traspasadas.

El significado de las instrucciones utilizadas es el siguiente:

- (x , y , z): Los números de los paréntesis indican la puerta a la que se aplica la instrucción. El primer número nos indica el canal al cual pertenece la puerta a la que se hace referencia, que en la inspección de puntos será siempre el uno. El segundo dígito es el número de puerta, que podrá ser uno, dos o tres, El tercer número indica el nivel de puerta que se quiere seleccionar, como en inspección de puntos de soldadura solo son utilizadas puertas de un único nivel el número que utilizaremos será siempre el uno.



- Activ.: Activa o desactiva la condición lógica impuesta en esa línea. Para que las condiciones impuestas sean tomadas en cuenta por la aplicación esta casilla deberá estar en ON.
- Ascan (1, 2, 1): Con esta expresión definimos la puerta que se utiliza para congelar la imagen. En este caso se utiliza el primer nivel de la puerta número dos del canal uno. Siempre será la puerta número dos la puerta de captura.
- | |
|-----------|
| ga(1,3,1) |
|-----------|

BarHeight

: Esta expresión designa la puerta que es utilizada para determinar la altura de la barra de perpendicularidad. Será siempre la puerta número tres.
- | |
|--------------------------|
| ga(1,1,1)andganot(1,2,1) |
|--------------------------|

BarColor


: Esta expresión significa que cuando se traspasa la puerta indicada en el primer paréntesis y no ha sido traspasada la puerta del segundo el color de la barra de perpendicularidad es el indicado en la casilla BarColor. En este caso concreto cuando sea traspasada la puerta número uno pero no sea cruzada la puerta número dos la barra de perpendicularidad será roja.
- Buzeer: Activando esta opción la aplicación emitirá una señal acústica cada vez que se cumplan las condiciones impuestas en esa línea de programación.
- Light&Count: Muestra en pantalla un contador con el número de veces que se ha cumplido la condición lógica impuesta en esa línea. Además se muestra una señal visual en forma de círculo que varía de color en función del grado de cumplimiento de la condición lógica. También tendremos la opción de resetear el contador. Esta opción está disponible dentro de las posibilidades que ofrece Pantalla. Nunca será utilizada en inspección de puntos de soldadura.

9. PARÁMETROS SWD




9.1 DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS SWD

Los parámetros SWD son aquellos que utiliza la aplicación para la evaluación automática de la señal A_Scan una vez esta ha sido congelada.


Todos los puntos presentes en una misma combinación de chapas deben tener la misma configuración SWD.

Estos parámetros están unificados en el cuadro de dialogo SWD Settings. Se accede a ellos desde la opción *planes* o *instrumento* pulsando el icono  y solo pueden ser modificarlos por los administradores de equipo.

9.2 EDICIÓN DE LOS PARÁMETROS SWD

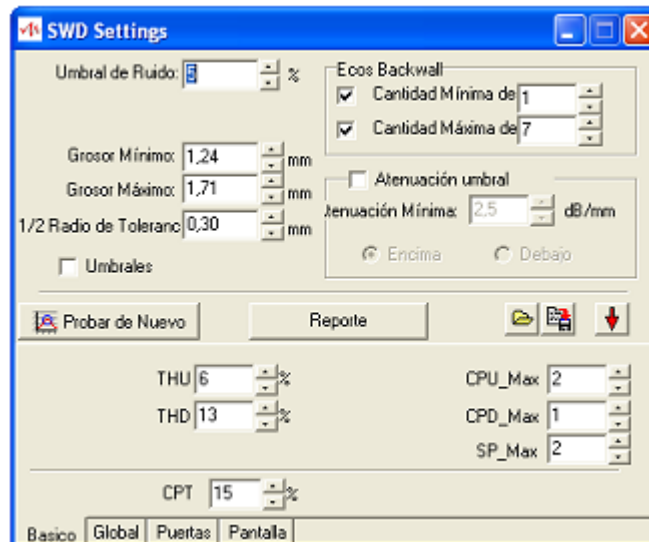
Para cargar un archivo SWR pulsar el icono remarcado en rojo   y elegirlo de la lista que aparece en pantalla. Para guardar los cambios realizados en cualquiera de estos archivos pulsar el icono  y en el cuadro de dialogo seleccionar la opción guardar.

Para crear una nueva configuración SWR se siguen los siguientes pasos:

- Abrir cualquiera de las configuraciones existentes.
- Realizar los cambios que se consideren necesarios para la nueva situación.
- Pulsar el icono de salvar la configuración .
- Cambiar el nombre del archivo por el que se crea oportuno. Esta operación se realiza en la parte inferior del cuadro de dialogo, en la casilla rectangular de fondo blanco. Basta con sustituir el nombre que aparecerá por el nombre con el que queramos designar la nueva configuración que se quiere crear.

9.3 PARÁMETROS SWD

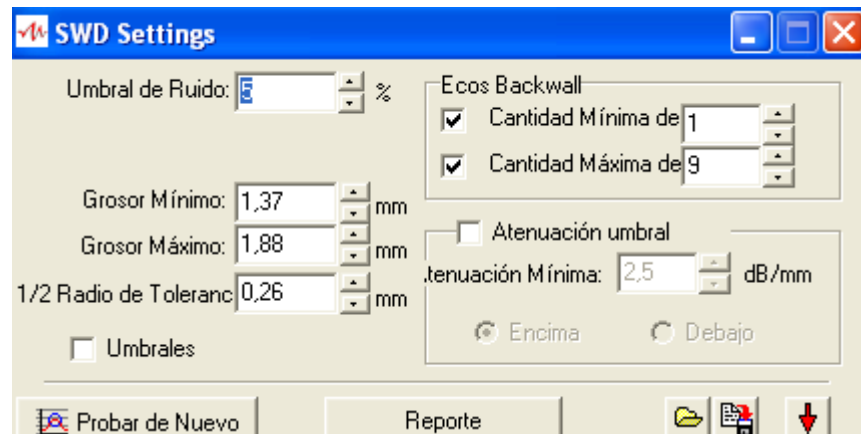
Cuando se accede a SWD Settings surge el siguiente cuadro:



La parte superior es siempre la mostrada en la figura y en ella se encuentran los parámetros principales que utiliza la aplicación para evaluar la señal, a estos parámetros los denominaremos parámetros básicos. En la parte inferior se encuentran varias pestañas que dan acceso a cuatro mitades inferiores diferentes. En ellas se programan aspectos secundarios que son de menor importancia.

9.3.1. PARÁMETROS BÁSICOS

El significado y utilidad de los diferentes aspectos a programar presentes en la mitad superior es el siguiente:



Umbral de ruido: Establece el nivel horizontal a partir del cual la señal es tenida en cuenta por la aplicación para ser evaluada. Todo lo que esté situado bajo ese nivel no se tiene en cuenta. Esta opción está pensada para desechar la parte de señal que se corresponde con el ruido. Éste a su vez está relacionado directamente con la ganancia utilizada, a mayor ganancia utilizada mayor será el ruido. Habitualmente el umbral de ruido está comprendido entre el cuatro y el seis por ciento.

Para establecer el umbral de ruido es necesario observar el nivel medio de ruido que se corresponde a diferentes puntos buenos sintonizados en condiciones normales de trabajo y ganancia. El umbral de ruido será la media de estos valores.

El motivo por el cual utilizamos puntos buenos para determinar el umbral de ruido es el siguiente. Cuando un punto malo es sintonizado la ganancia utilizada es siempre mayor que la ganancia de un punto bueno. El nivel de ruido es mayor y el umbral se supera. La aplicación detectará un mayor número picos centrales y picos laterales y este será uno de los indicativos que dirán que puede haber un problema en ese punto.

Grosor Mínimo: Establece el grosor mínimo que se le exige a un punto de soldadura para que sea aceptado como bueno. Puntos con espesores inferiores a este valor son considerados puntos aplastados



Para determinar el grosor mínimo seguimos la normativa Volkswagen que dice que el grosor mínimo aceptable de una unión soldada mediante resistencia es el ochenta por ciento del espesor suma total de ambas chapas. Por lo tanto para determinar el grosor mínimo hay que conocer el espesor real de las chapas a inspeccionar. Su valor será el ochenta por ciento de la suma de espesores de ambas chapas.

Grosor Máximo: Establece el grosor máximo exigible a un punto de soldadura para que sea considerado como bueno. Puntos con espesores superiores a este valor serán considerados como defectuosos.

El grosor máximo será el correspondiente al espesor real total de las chapas a inspeccionar más un diez por ciento. Este diez por ciento se añade en previsión de pequeñas fluctuaciones en el espesor real de las chapas atribuibles al proveedor. Por tanto el espesor máximo será el valor correspondiente al ciento diez por ciento del espesor suma real de las chapas a inspeccionar.

½ Radio de Tolerancia: Establece un área de exclusión entorno a los backwalls o ecos de pared. Este área de exclusión a de ser igual a la anchura de la base del backwall. En esta zona la aplicación no situará ni picos centrales ni picos laterales puesto que todo lo contenido ahí será considerado eco de pared.

Actúa de la siguiente forma: la aplicación sitúa los backwalls allí donde corresponda y establece zonas de longitud igual al doble de ½ Radio de Tolerancia a ambos lados. Esas zonas son excluidas para la búsqueda de picos, por lo que en el resto del espacio libre que queda en el eje horizontal es donde la aplicación busca los picos centrales y los laterales.

El valor que debe tomar está siempre situado entre el diez y el trece por ciento de la suma de los espesores reales de las chapas a unir. La manera mas adecuada de determinar este valor es sintonizando un punto bueno y calculando la anchura de la base de sus backwalls con los localizadores. Este valor será dos veces el valor de ½ Radio de Tolerancia. Una vez hecho esto es recomendable comprobar que se han realizado bien los ajustes haciendo uso de la opción *Probar de nuevo* presente en SWD Settings.

Umbrales: Si activamos esta opción se muestran en pantalla los diferentes niveles que hemos establecido en SWD Settings. Umbral de ruido será representado en verde, THU en



azul y THD en rojo. THD tendrá que ser siempre mayor o igual que THU, y THU a su vez tendrá que ser mayor o igual que el umbral de ruido.

Ecos Backwall: En este apartado se determina el número máximo y mínimo de backwalls que debe tener una señal para ser considerada como punto bueno. Para ello basta con especificar el número máximo y mínimo de backwalls que se le exige a un punto bueno en las casillas situadas a la derecha de Cantidad máxima y Cantidad mínima respectivamente. Puntos con un número de backwalls inferior al exigido serán puntos quemados (siempre y cuando el punto no sea considerado defectuoso por otros motivos) y puntos con un número mayor de backwalls serán considerados defectuosos. Existe la opción de habilitar o deshabilitar cualquiera de estas dos opciones, basta con pulsar en el cuadro blanco situado a la izquierda de cualquiera de las dos opciones. La opción estará deshabilitada cuando los números aparezcan en gris y el recuadro que acompañe a cantidad esté en blanco.

Para determinar los valores máximos y mínimos se debe observar las señales correspondientes a una serie de puntos buenos. Posteriormente se establecerá que señal es la que mas backwalls tiene y la que menos. El valor correspondiente a Cantidad máxima será el valor máximo de ecos observados mas uno y el valor correspondiente a Cantidad mínima será el número de ecos observado menos uno.

Atenuación umbral: La atenuación de la señal es la media de las pendientes de todas las rectas que unen cada backwall con su sucesivo. Gráficamente sería la rapidez con que una señal decae. Todas las señales que se corresponden con puntos buenos tienen su atenuación contenida en un intervalo determinado. Para establecer ese intervalo bastará con observar las señales correspondientes a una serie de puntos buenos y determinar los valores límites de las atenuaciones observadas. Cuanto mayor sea esa serie de puntos más fiable será nuestro intervalo. Si se desconoce ese intervalo se recomienda dejar desactivada la opción *Atenuaron umbral*. Los puntos apegados o defectuosos tienen una atenuación habitualmente superior a la del intervalo. Sus señales decaen más rápidamente porque el sonido tiene más obstáculos a la hora de atravesar la interfase chapa-chapa. No obstante se puede dar el caso contrario según sea la naturaleza de las chapas. Si no sabemos con


certeza si un punto malo tiene una atenuación mayor o menor que un punto bueno desactivar la opción *Atenuación umbral*.

La forma de proceder para trabajar con la atenuación es la siguiente:

- Primeramente establecer el intervalo de atenuaciones que corresponden con un punto bueno. Tener en cuenta que cada combinación de chapas tiene un intervalo de atenuación particular, además de por el espesor, el intervalo de atenuación vendrá determinado por la naturaleza física y química de las chapas a unir. Por tanto no podremos generalizar y se tendrá que calcular ese intervalo para cada combinación.
- Seguidamente sintonizar un punto malo y observar si la atenuación esta por encima o por debajo de ese intervalo.
- Si esta por encima situar en Atenuación mínima el valor superior del intervalo de atenuaciones y marcar la opción *Debajo*. De esta manera toda señal que tenga una atenuación superior a la indicada será clasificada como defectuosa.
- Si esta por debajo del intervalo situar en *Atenuación mínima* el valor inferior del intervalo de atenuaciones y marcar la opción *Encima*. De esta manera toda señal que tenga una atenuación inferior a la indicada será clasificada como defectuosa.

Probar de nuevo: Este icono al ser pulsado revalúa la señal que en ese momento esta en pantalla. Esta opción esta pensada para observar las consecuencias derivadas de los cambios que se podrían haber realizado en SWD settings. Es muy útil cuando se han realizado ensayos destructivos sobre puntos que previamente han sido testados con ultrasonidos. Si se tienen las señales de esos puntos guardadas y se conoce su diámetro se pueden modificar los parámetros SWD hasta que la evaluación automática coincida con la realidad.

Reporte: Muestra una pantalla con todos los parámetros que están presentes en SWD Settings. Existe la opción de guardar toda esa información en un archivo mdi. Simplemente hay que pulsar el icono imprimir.

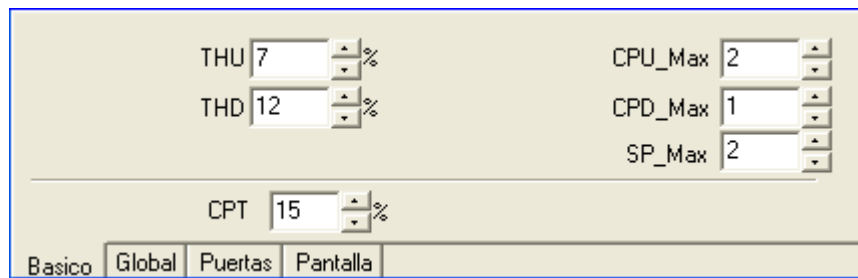
 : Este icono al ser pulsado oculta la mitad inferior de SWD Settings. Una vez oculta si vuelve a ser pulsado muestra nuevamente toda la información en pantalla.



: Estos dos iconos permiten cargar una configuración SWD y guardar los

cambios realizados directamente desde la pantalla de SWD Settings.

9.3.2. PESTAÑA BÁSICO



La primera de las mitades inferiores presentes en SWD Settings es la pestaña Básico. Es la más importante de las cuatro pestañas inferiores. En ella se programan los parámetros que especifican la cantidad de picos centrales o picos laterales que caracterizan un punto suelto o pequeño. El significado y utilidad de los diferentes aspectos a programar presentes en básico es el siguiente:

THU y CPU_Max: Ambos conceptos son los que definen las características propias de un punto pequeño. Un punto pequeño puede cumplir todas las condiciones impuestas en la mitad superior y diferenciarse de un punto bueno únicamente en la presencia de picos centrales a partir de un determinado nivel. THU es el nivel por debajo del cual los picos centrales (picos azules) no son tenidos en cuenta por la aplicación a la hora de evaluar si un punto es pequeño y CPU_Max es el número máximo de picos centrales que pueden estar presentes en un punto bueno a partir del nivel THU.

Este es un nivel diferente que el umbral de ruido y debe ser igual o mayor que él. Toda señal que tenga a partir del nivel especificado en THU un número de picos centrales superior al especificado en CPU_Max será considerado por la evaluación automática de la aplicación como punto inferior o punto pequeño (siempre y cuando se cumplan todas las condiciones impuestas en la mitad superior). La única manera de determinar estos valores será mediante ensayos destructivos. Cada grupo de puntos es diferente, por lo que no se podrá aplicar los valores de un caso concreto al resto de situaciones.



THD y CPD_Max: Ambos conceptos establecen características específicas de un punto defectuoso. Un punto defectuoso o suelto puede cumplir todas las condiciones impuestas en la mitad superior y diferenciarse de un punto bueno únicamente en la presencia de picos centrales a partir de un determinado nivel. THD es el nivel por debajo del cual los picos centrales no son tenidos en cuenta por la aplicación a la hora de evaluar si un punto es defectuoso y CPU_Max es el número máximo de picos centrales que pueden estar presentes en un punto bueno a partir del nivel THD.

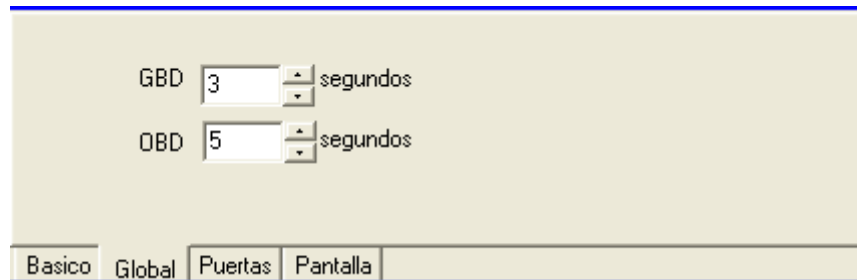
Este nivel debe ser igual o mayor que THU. Toda señal que tenga a partir del nivel especificado en THD un número de picos centrales superior al especificado en CPD_Max será considerado por la evaluación automática de la aplicación como punto defectuoso. La única manera de determinar estos valores es mediante ensayos destructivos. Cada grupo de puntos es diferente, por lo que no se podrá aplicar los valores de un caso concreto al resto de situaciones. No obstante la presencia de picos centrales a partir de niveles cercanos al quince por ciento suele ser síntoma inequívoco de punto suelto. Por esta razón THD tendrá valores comprendidos entre el 12% y 20% y CPD_Max no será mayor que dos.

El árbol de decisión da prioridad a punto defectuoso frente a punto pequeño, por tanto si CPU_Max y CPD_Max son superados simultáneamente la aplicación clasificará esa señal como defectuosa.

SP_Max: Es el máximo número de picos laterales (picos rojos) que pueden estar presentes en un punto bueno. La aplicación solo tendrá en cuenta aquellos picos laterales que se sitúen por encima del umbral de ruido, no tiene nivel propio de control. Los puntos defectuosos necesitan una ganancia superior a la habitual para ser sintonizados. Esto provoca un aumento de ruido que desemboca en un aumento de la presencia de picos laterales. Por tanto una presencia de picos laterales superior a la habitual puede ser indicativa de punto defectuoso. La cantidad habitual de estos picos no suele ser superior a dos unidades, no obstante la experiencia dirá con precisión cual es esa cantidad. Hay que recordar que cada grupo de puntos tiene sus parámetros particulares y no se podrá aplicar la experiencia de un caso particular al resto.

CPT: Este valor establece la zona central de espacio entre backwalls dentro de la cual pueden estar situados los picos centrales. Por definición entre dos backwalls consecutivos únicamente podrá haber un único pico central. Éste será el pico de mayor amplitud situado en la zona definida por CPT y el resto de puntos, tanto los de este espacio central como los del resto de espacio entre backwalls, serán picos laterales. Para situar este espacio la aplicación actúa de la siguiente forma: calcula el punto central entre dos backwalls consecutivos y establece a ambos lados del punto central dos espacios de longitud igual al valor resultante de multiplicar la distancia entre los esos backwalls por el porcentaje definido en CPT.

9.3.3. PESTAÑA GLOBAL



La segunda de las mitades inferiores presentes en SWD Settings es la pestaña Global. Tiene una importancia considerable en la rapidez con la que una imagen es capturada. En ella se programan los parámetros que especifican el tiempo que transcurre desde que una puerta es cruzada hasta que la señal es congelada. El significado y utilidad de los diferentes aspectos a programar presentes en Global es el siguiente:

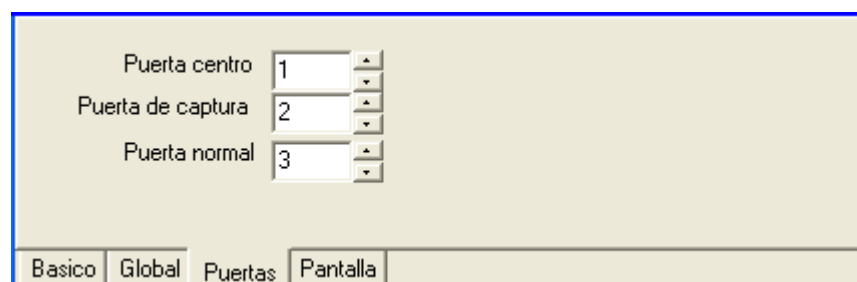
GBD: El tiempo especificado en este apartado es el tiempo que transcurre, cuando la barra de perpendicularidad es verde, desde que la puerta de captura es traspasada hasta que la señal es congelada y mostrada en pantalla. La barra de perpendicularidad es verde cuando la puerta captura ha sido traspasada pero no así la de ruido. Durante este periodo de tiempo la aplicación recoge todas las señales y al final muestra en pantalla la de mayor calidad detectada. El tiempo base es tres segundos, pero si los operadores son

experimentados y las piezas a testar son las habituales, este tiempo se puede reducir hasta uno o cero segundos. Esta acción disminuye significativamente el tiempo empleado en la verificación de grandes series de puntos.

OBD: El tiempo especificado en este apartado es el tiempo que transcurre cuando la barra de perpendicularidad es naranja, desde que la puerta de captura es traspasada hasta que la señal es congelada y mostrada en pantalla. La barra de perpendicularidad es naranja cuando la puerta captura y la de ruido han sido traspasadas simultáneamente. Durante este periodo de tiempo la aplicación recoge todas las señales y al final muestra en pantalla la de mayor calidad detectada. El tiempo base es cinco segundos, pero si los operadores son experimentados y las piezas a testar son las habituales, este tiempo se puede reducir hasta dos o tres segundos. Esta acción disminuye significativamente el tiempo empleado en la verificación de grandes series de puntos.

Si durante la inspección de un punto la puerta de captura es traspasada en naranja y la barra de perpendicularidad cambia a verde antes de que la señal sea capturada los tiempos estipulados en GBD y OBD se sumaran. Esta circunstancia también se da en caso de que la puerta sea traspasada en verde y cambie a naranja.

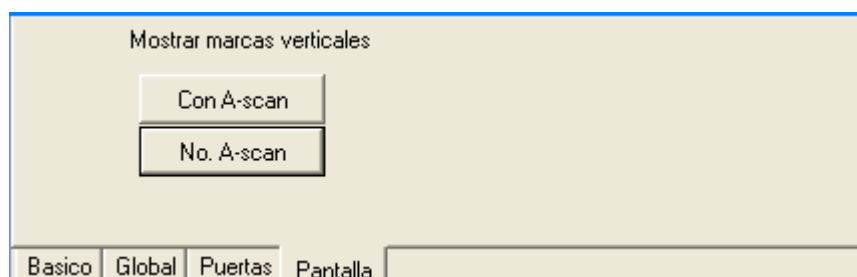
9.3.4. PESTAÑA PUERTAS



La tercera de las mitades inferiores presentes en SWD Settings es la pestaña puertas. En esta ventana se asigna a cada puerta su función específica. La puerta de captura deberá ser siempre la segunda, la puerta centro será la uno o puerta de ruido y la puerta normal será la tercera, también llamada puerta de perpendicularidad.

Se recomienda no variar esta asignación de puertas puesto que podría provocar que la aplicación se bloquease. Si esto sucediera habría que salir de la aplicación y volver a cargarla.

9.3.5. PESTAÑA PANTALLA



Esta ventana carece de utilidad específica. Para ver su funcionamiento se debe cargar un A_Scan y pulsar ReTest o bien congelar una imagen y que esta sea evaluada automáticamente. Únicamente muestra segmentos verticales en lugar de cruces. Si pulsamos Con A_Scan veremos la señal y los segmentos, y si pulsamos No A_Scan veremos únicamente los segmentos verticales. Esta última opción muestra que es lo que la aplicación utiliza realmente para evaluar una señal. No analiza la forma del A_Scan, únicamente analiza la información derivada de los picos que se sitúan en pantalla. De ahí la importancia que tiene que la aplicación haya situado correctamente los picos a la hora de que una evaluación automática sea fiable.



7.3. -PLANES DE INSPECCIÓN-

1.	Utilidad de las puertas o gates	190
2.	Longitud de la barra de perpendicularidad, colores y significado	191
3.	Reglas para dar por buena una señal	192
4.	Condiciones para que la aplicación congele automáticamente una señal	194
5.	Please repeat test	195
6.	Árbol de decisión	195
7.	Procedimiento para el establecimiento de los picos	197
8.	Ensayos de correlación.....	198
9.	Selección de Palpadores.....	200
10.	Calculo de las velocidades de transmisión.....	201
10.1.	Calculo de velocidades de transmisión en chapas individuales.	92
10.2.	Calculo de velocidades de transmisión en combinaciones de chapas.	93
11.	Diseño de un plan de inspección.....	204
11.1.	Determinación de los puntos que forman el plan	205
11.2.	Determinación de los parámetros y configuraciones asociados al plan.....	205
11.3.	Especificación del nombre y clasificación del plan.....	207
11.4.	Creación de los parámetros SWD y UPR	209
11.5.	Especificación de los parámetros principales	210
11.6.	Ajustes de configuración	211
12.	Ejecución de un plan de inspección. Nuevo Test	211
12.1.	Acceso al plan.....	211
12.2.	Ejecución del plan	214

1. UTILIDAD DE LAS PUERTAS O GATES

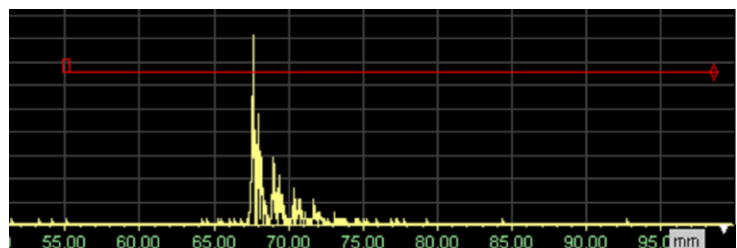
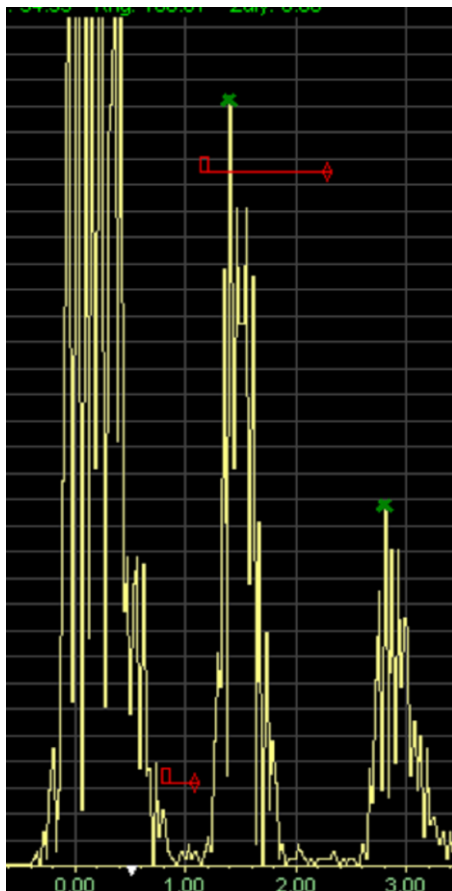
Las puertas o gates son los segmentos verticales de color rojo que aparecen en pantalla cuando abrimos la aplicación. Las puertas utilizadas por este programa son tres, aunque habitualmente en pantalla solo veamos dos.

La ventana que encontramos la primera por la izquierda, y que habitualmente es la más pequeña y baja se denomina puerta de ruido y esta relacionada con la colocación correcta del palpador y la calidad del punto. Esta situada entre el eco superficial y el primer backwall y a una altura comprendida entre el 10 % y el 20 %. En condiciones normales y si estamos verificando un punto bueno no debe ser superada por ningún eco.

En caso de ser superada nos esta indicando que o bien no ha sido situado correctamente el palpador sobre la lenteja o bien nos encontramos ante un punto defectuoso. Para situarla correctamente se recomienda capturar una serie de puntos buenos y colocarla entre el eco

superficial y el primer backwall con una altura y anchura tal que no sea superada ni rozada por ningún eco.

La segunda ventana se denomina puerta de captura y esta relacionada con la congelación de la imagen. Cuando esta es superada por algún backwall la imagen es congelada (ver apartado *Condiciones para que la aplicación congele automáticamente una señal*). Tiene que estar colocada a una altura del 80% y debe tener una anchura aproximada del 90% del espesor total de las chapas a inspeccionar. La situación ideal es que el

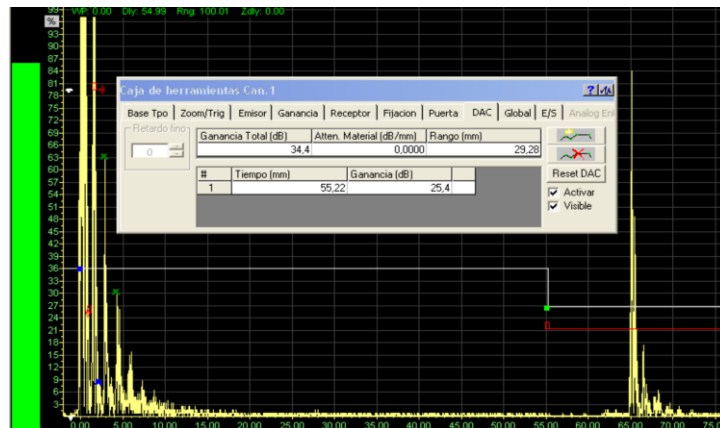


backwall al cruzar la puerta deje a la izquierda una tercera parte de la longitud total de dicha puerta.

La tercera ventana se denomina puerta de perpendicularidad. Normalmente queda fuera de nuestro campo de visión de pantalla, a la altura de la segunda secuencia de backwall. Tiene como función establecer la potencia de la señal recibida y determinar así de manera indirecta la perpendicularidad con la que hemos situado el palpador sobre la lenteja. No tiene importancia la altura a la que esta situada.

2. LONGITUD DE LA BARRA DE PERPENDICULARIDAD, COLORES Y SIGNIFICADO

Nos da una indicación aproximada de la perpendicularidad con la que hemos situado el palpador. Para ello toma la amplitud máxima de la segunda secuencia de ecos, aquella que queda a la derecha de la utilizada para evaluar la señal y que habitualmente no se ve. Sobre esta secuencia esta situada la tercera ventana. Cuanto mas potencia tenga este segundo grupo de ecos mas perpendicularmente habrá sido colocado el palpador.



La ganancia se puede modificar por zonas, pudiendo establecer diferentes ganancias en diferentes partes del eje horizontal. Cada vez que se modifica la ganancia general se modifican los mismos decibelios en todas las zonas

Se puede modificar la altura de la segunda secuencia de ecos y en consecuencia se modifica la altura de la barra de perpendicularidad. Lo habitual es establecer una ganancia menor en la zona de la tercera ventana. Es necesario para adaptar la altura de la barra a las condiciones reales de trabajo.

En puntos buenos la altura de la barra debe estar siempre situada entre el 30% y el 60%. Si no es así deben ser modificados los valores que definen la altura de la barra. No es adecuado que suba fácilmente a valores próximos al 90% ni que se quede siempre en valores cercanos al 10 %, puesto que la aplicación no congelaría automáticamente la señal.

Esto se realiza desde la caja de herramientas ultrasónica o archivos UPR. Dentro del capitulo caja de herramientas ultrasónica, en del apartado DAC, se detalla como modificar todos los parámetros relacionados con la barra de perpendicularidad.

Se recomienda trabajar en producción siempre con el DAC activado y en modo no visible.

Los diferentes colores de la barra de perpendicularidad y su significado son los siguientes:

- Verde: indica que la puerta de captura esta siendo cruzada por algún eco y la puerta de ruido no. Esta es la situación ideal y si esta bien situada la puerta de ruido el color verde es indicativo de que el punto esta sintonizado correctamente, sin apenas ruido. Es relativamente complicado conseguir una barra de color verde con puntos sueltos o defectuosos.
- Naranja: indica que tanto la puerta de captura como la puerta de ruido están siendo traspasadas por algún eco. Suele ser indicativo de puntos problemáticos o ganancias bastante elevadas.
- Rojo: indica que únicamente la puerta de ruido esta siendo traspasada. Suele ser indicativo de una ganancia muy elevada.
- Amarillo: indica que ninguna de las puertas esta siendo traspasada.

La captura automática de señales solo es posible si la barra es de color verde o naranja.

3. REGLAS PARA DAR POR BUENA UNA SEÑAL

La serie de normas expuestas a continuación son para la captación de la mejor señal posible.



- Comprobar que el palpador utilizado es el correcto, que la membrana no está pinchada o han sido colocadas dos unidades y que no existen burbujas dentro del palpador.
- El primer eco debe de estar entre el 80% y 90 % de la amplitud de pantalla. No debe estar fuera de estos límites. Una señal que supere ampliamente estos valores convertirá en picos intermedios los ruidos que no deberían ser tomados en cuenta. Una señal que no llegue a este umbral estará mostrando en pantalla una imagen que falseada de la realidad.
- El eco superficial debe ser muy alto en comparación con el primer backwall, esto se ve fácilmente en la anchura de la base. De no ser así la señal puede que no sea representativa de la realidad.
- El eco que traspase la puerta de captura debe ser el primer backwall, no el eco de superficie.
- Observar que ningún backwall es mayor o igual que su precedente. La amplitud de todos los ecos ha de ser máxima. Conforme avanzamos en el eje horizontal cada nuevo eco que nos encontramos debe ser menor que el anterior. De no ser así estaremos falseando el valor de la atenuación. Hay que tener especialmente cuidado con los últimos backwall, pues suele ser en estos donde con más frecuencia se da este fenómeno.
- No debe haber un ruido excesivo, habitualmente este no sobrepasa el 3%. Un ruido por encima de este nivel suele ser indicativo de punto defectuoso o mal sintonizado. Si el palpador utilizado es muy similar al tamaño de la lenteja resultará complicado situar exactamente el transductor sobre la lenteja y se generará un nivel elevado de ruido.
- Utilizar la ganancia lo más razonablemente baja. Una alta ganancia puede convertir el ruido en picos intermedios, una ganancia moderada nos ayuda a detectar picos intermedios. Se debe procurar que el número de backwalls sea el mayor posible para una mínima ganancia.
- No aceptar señales capturadas instantáneamente. Desconfiar de aquellas señales que surgen justo a continuación de situar el palpador sobre el punto de soldadura.



- Ver que la aplicación ha situado correctamente las cruces sobre los backwall y sobre los ecos intermedios. Esto es fundamental para que la evaluación realizada por la aplicación sea la correcta.
- El ruido debe ser mínimo entre el eco superficial y el primer backwall. Si existe mucho ruido en esa zona puede ser que estemos mal situados con respecto al punto (no habremos situado el palpador justo encima de la lenteja), o que el punto sea más pequeño que el palpador utilizado.
- La atenuación de pico a pico debe ser lo mas similar posible, no deben existir saltos importantes, es decir, el paso de backwall a backwall debe ser relativamente constante. Esto es muy importante puesto que si no es así el valor de la atenuación puede estar falseado.

Estas dos últimas normas son excesivamente estrictas para su cumplimiento en las inspecciones diarias, pero si son necesarias en los ensayos de correlación.

4. CONDICIONES PARA QUE LA APLICACIÓN CONGELE AUTOMÁTICAMENTE UNA SEÑAL

Para que la aplicación capture de manera automática una señal A_Scan ha de cumplir los siguientes requisitos:

- La segunda ventana, la de captura, debe ser superada por algún backwall, esto supone que la barra de perpendicularidad este en color verde o naranja.
- La barra de perpendicularidad debe ser igual o superior al 12 %.
- La amplitud del primer backwall debe ser superior a la amplitud de los siguientes.

Pasan unos segundos desde el momento en que se cumplen las tres condiciones anteriores hasta que la imagen es mostrada en pantalla (tiempo programable en la pestaña *global* de los parámetros SWD). En este periodo de tiempo la aplicación selecciona la mejor imagen que a detectado durante esos segundos y la muestra en pantalla.



5. PLEASE REPEAT TEST

El mensaje por favor repita test aparece cuando la aplicación considera que la señal capturada no es optima para su evaluación. Es un mecanismo que a priori mejora la fiabilidad de las evaluaciones automáticas realizadas por la aplicación. Este mensaje aparece en los siguientes casos:

1. La amplitud de el eco de superficie es menor que el 100%.
2. La amplitud de alguno de los backwall es menor que la del primero de ellos.
3. El espesor de la unión soldada es la menor que la mitad del espesor indicado en el apartado T1 de *información de material*.
4. El espesor medio o alguno de los espesores parciales (distancia entre dos backwall consecutivos) supera en un diez por ciento al espesor máximo especificado en su archivo SWD.
5. Ningún backwall supera la puerta de captura. Esta situación solo se da en captura manual.

6. ÁRBOL DE DECISIÓN

Las posibles valoraciones automáticas que la aplicación puede realizar sobre una señal ya detenida de un punto de soldadura son: Bueno, aplastado, pequeño, quemado, defectuoso, suelto y por favor repita test. Estas valoraciones están clasificadas por orden de gravedad y todas ellas, exceptuando la de punto bueno son consideradas por la aplicación como defectuosas. Veamos que condiciones tiene que cumplir una señal para que sea clasificada dentro de estos grupos:

- Bueno: los valores de grosor, número de backwall, atenuación y número de ecos laterales y centrales tienen que estar dentro de los intervalos establecidos en la configuración SWD correspondiente.



- Aplastado: todos los valores, exceptuando los de grosor, están comprendidos dentro de los parámetros SWD. El grosor calculado por la aplicación es menor que el indicado en Grosor Mínimo y mayor que T1 (espesor real chapa 1).
- Pequeño: cuando el número de picos centrales a partir del nivel THU es superior al número indicado en CPU_Max la aplicación clasifica el punto como pequeño. Esta valoración predomina sobre las anteriores.
- Quemado: si el número de backwalls es menor al indicado en SWD la aplicación clasifica ese punto como quemado. Esta valoración predomina sobre las anteriores, es decir, un punto aplastado que también sea pequeño y que tenga un número de backwall menor al exigido será clasificado como quemado.
- Defectuoso: un punto puede ser clasificado como defectuoso en cualquiera de los siguientes casos
 - El grosor es mayor al indicado en *grosor máximo*
 - El número de ecos es superior al indicado en *cantidad máxima*
 - La atenuación no está dentro del margen establecido en *atenuación mínima*
 - El número de picos centrales a partir del nivel THD es superior al indicado en *CPD_Max*
 - El número de ecos laterales es mayor que la cantidad indicada en *CPT*

Esta valoración predomina sobre las anteriores, es decir, un punto que simultáneamente sea aplastado, quemado, pequeño y defectuoso es considerado finalmente por la aplicación como defectuoso.
- Suelto: aquellos puntos cuyo espesor está comprendido entre T1 (apartado *información de material, menú planes*) y el 50% de T1. Esta valoración predomina sobre todas las anteriores.
- Please Repeat test: aquellos puntos cuyo espesor es menor que la mitad del espesor indicado en T1 son considerados por la aplicación como no aptos para su evaluación. Como consecuencia la aplicación emite un mensaje *por favor repita test*. Esta consideración predomina sobre todas las anteriores.



7. PROCEDIMIENTO PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LOS PICOS

La manera de proceder de la aplicación para situar los backwall una vez congelada la imagen digital es la siguiente:

- Utilizando el seguidor superficial sitúa el punto de mayor amplitud del eco superficial sobre el cero del eje.
- A partir del cero establece un intervalo de búsqueda cuyo punto central es el espesor total indicado en *información de material* (TT) y una amplitud igual al cincuenta por ciento de TT, un veinticinco por ciento a ambos lados del punto central. En este intervalo localiza el punto de mayor amplitud y sitúa sobre él el primer backwall.
- Calcula la media de la distancia del cero al primer backwall (valor indicado en pantalla A_Scan como $TS(FirstBW)$) y del cero a la pared del backwall. Con este valor sitúa el punto central de la segunda ventana. La amplitud de esta ventana es igual que en el punto anterior, el cincuenta por ciento del espesor total. En este intervalo busca el punto más alto y sitúa sobre él el segundo backwall.
- Partiendo del segundo backwall establece el punto central de la tercera ventana con la distancia calculada en el punto anterior y con idéntica amplitud. En el caso de no encontrar ningún pico en esa ventana sitúa otra a la distancia del espesor total de ambas chapas, y si no sitúa ningún pico en esa ventana alternativa da por finalizada la búsqueda de backwall. Recordar que busca los puntos de mayor amplitud siempre por encima del umbral de ruido.

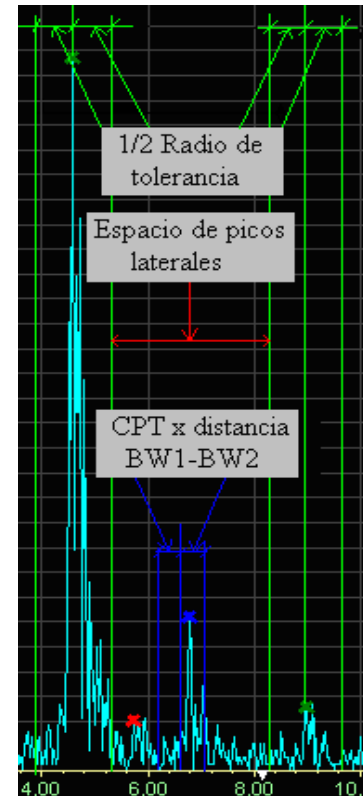
Los picos centrales (color azul) y picos laterales (color rojo) los sitúa una vez conocidos los backwall. Procede de la siguiente manera:

- Calcula la distancia entre dos backwall consecutivos y establece ese punto como punto intermedio. Esta operación la realiza con todos los espacios existentes entre backwall.
- Establece una ventana de búsqueda que tiene por centro el punto medio entre ambos backwall y por amplitud el porcentaje indicado en CPT (SWD Settings, pestaña *básico*) por la distancia entre esos dos backwall. En ese intervalo busca el punto de

mayor amplitud y le asigna la categoría de pico central. Nunca situará más de un pico central en el espacio existente entre dos backwall.

- A ambos lados de cada backwall establece una distancia igual a $\frac{1}{2}$ Radio de tolerancia en la cual no busca ningún pico lateral. En el espacio que queda libre entre esas dos áreas busca los picos de mayor amplitud para situar sobre ellos las cruces de los picos laterales.

Es fundamental que la aplicación realice correctamente estas acciones y sitúe correctamente los backwall porque de no ser así los valores de espesor y atenuación se verán falseados. Para facilitar esta operación se hace necesario que los valores de T1 y T2 sean lo mas ajustados posibles a la realidad.



8. ENSAYOS DE CORRELACIÓN

La metodología utilizada para la evaluación de las señales concede más importancia a la experiencia propia del operador que a la valoración automática de la señal. Un operador experimentado conoce las señales características de cada serie de puntos y cuando observa una variación negativa en el nivel de ruido, en el número de ecos centrales o laterales o en el tiempo empleado para sintonizar ese punto sabe que se encuentra ante un punto defectuoso.

Debido a este hecho basta con realizar una pequeña aproximación a los parámetros SWD, responsables de la valoración de las señales. Esta aproximación consiste en:

- Especificar los grosores máximos y mínimos.
- Determinar el nivel de ruido.



- Variar el valor de $\frac{1}{2}$ *Radio de Tolerancia* y hacer uso de la opción *Retest* hasta que ningún eco lateral sea situado en la base del backwall.
- Establecer un nivel THU del 7-10% con un número CPU_Max de 1-2 unidades.
- Establecer un nivel THD del 12-15% con un número CPD_Max de 1-2 unidades.
- Establecer un CPD_Max de 2-3 unidades. Estos últimos niveles y valores máximos serán mas elevados cuanto peor sea la calidad media de los puntos a testar.

Como puede observarse la aproximación no es muy fina y no se tiene en cuenta ni la atenuación ni el número de backwall, pero es la aproximación que se realiza al diseñar los planes de inspección.

Si se quiere hacer un ajuste mas preciso deben realizarse pruebas de correlación. Consisten en testar una serie de puntos, guardar las señales y posteriormente desbotonar esas probetas para establecer una correlación entre las señales A_Scan y la realidad para así establecer los parámetros SWD. El procedimiento se debe realizar como administrador y es el siguiente:

- Testar una serie de 10 puntos buenos aplicados en chapas de grosor conocido y guardar los resultados de las inspecciones, incluyendo los A_Scan.
- Extraer en hoja de Excel un reporte tipo *Todos los puntos, Informe Extendido*.
- Observar el nivel medio de ruido y establecer el *umbral de ruido*.
- Calcular el grosor máximo y el grosor mínimo y establecerlo en SWD Settings.
- Establecer la anchura máxima de la base de los backwall (ayudándose de los localizadores), la mitad de este valor será $\frac{1}{2}$ *Radio de tolerancia*.
- Calcular el máximo y mínimo número de backwall y establecer esos valores como cantidad máxima y mínima de ecos backwall.
- Calcular la atenuación media, sintonizar un punto malo, y observar si la atenuación de un punto malo es mayor o menor que esa media. Establecer la media como *atenuación mínima*, si la atenuación del punto malo es superior marcar la opción *Debajo*, si es inferior marcar la opción *Encima*.
- Testar una serie de puntos malos aplicados sobre el mismo tipo de chapas

- Determinar los niveles THU y THD, CPU_Max, CPD_Max, o SP_Max. Para ello el único método existente es la observación de las diferencias en el aspecto entre los puntos buenos y los puntos malos. El nivel THU no debe ser superior al 15%, el nivel THD en algunas ocasiones puede llegar al 20%. No es recomendable trabajar con valores de CPU_Max, CPD_Max, y SP_Max de orden cero o uno.

Conforme se realicen modificaciones comprobar como afecta al resto de puntos utilizando la opción *Re test*. Es más recomendable que los errores que se produzcan en la evaluación automática de las señales sean del tipo puntos buenos clasificados como puntos defectuosos, que puntos defectuosos clasificados como puntos buenos.

Con este método se obtienen precisiones de evaluación cercanas al 90%. El gran inconveniente que presenta es la imposibilidad de realizar pruebas destructivas en las piezas de gran tamaño debido al gran coste económico y de tiempo.

9. SELECCIÓN DE PALPADORES

El sistema de verificación por ultrasonidos es un sistema que dice si un punto de soldadura es mayor o menor que el diámetro del palpador utilizado, no dice directamente el diámetro de la lenteja de soldadura. Para seleccionar el tamaño de palpador que ha de ser utilizado hay que aplicar la siguiente expresión, que es el diámetro mínimo exigido según la normativa Volkswagen:

$$\Phi_{\min} = 3,5 \times 1,15 \sqrt{\text{EspesorMínimo}(mm)}$$

Teniendo en cuenta el resultado anterior se debe elegir el palpador de tamaño más cercano a este valor siempre y cuando se encuentre por encima de él.

Se pueden dar tres casos a la hora de seleccionar un palpador para realizar una inspección:

- Palpador igual al diámetro mínimo: Situación ideal en la que no se producirá ningún error.
- Palpador mayor que el diámetro mínimo: En casos límite podríamos llegar a rechazar puntos buenos, pues serian desechados todos aquellos puntos que tuvieran un



diámetro menor que el palpador. Esta situación no es crítica, y de hecho es habitual. Para tratar de reducir este error se debe ajustar lo máximo posible el tamaño del palpador al diámetro calculado mediante la fórmula. Rechazar un punto bueno es un mal menor. Un inconveniente adicional es que tendremos más ruido cuanto mas diferencia de tamaño exista.

- Palpador menor que el diámetro mínimo: Es la situación mas problemática de todas, pues se podría llegar a aceptar como buenos puntos que no llegan al mínimo exigido, y esto si que tiene cierta gravedad. Es una situación a evitar a toda costa.

10. CALCULO DE LAS VELOCIDADES DE TRANSMISIÓN

Para trabajar correctamente con el equipo ultrasónico es necesario conocer las velocidades de transmisión del sonido a través del metal a inspeccionar. Cada tipo de acero tiene su propia velocidad ya que esta depende de la microestructura y del recubrimiento externo aplicado. Por todo esto cada vez que valla a ser realizado un plan de inspección habrá que calcular previamente las velocidades de transmisión de las piezas implicadas en esas uniones soldadas.

10.1 CALCULO DE VELOCIDADES DE TRANSMISIÓN EN CHAPAS INDIVIDUALES.

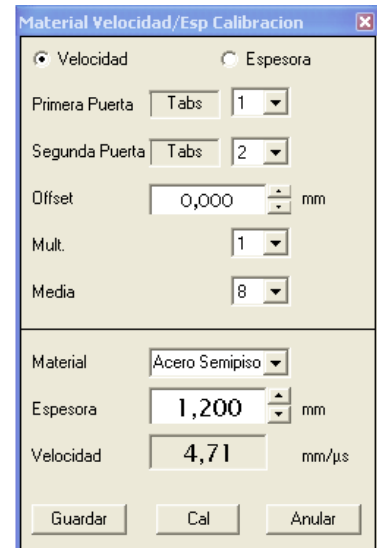
El procedimiento es el siguiente:

- Determinar el espesor real de la placa con una precisión de centésimas de milímetro. Hay diferentes instrumentos para realizar esta operación, pero el que ha demostrado ser mas eficaz y preciso es el medidor de espesores utilizado en el taller de chapistería para la medición de la cota cero en procesos de embutición.
 - Abrir la aplicación dentro del apartado *instrumento* de la pestaña supervisor y cargar la configuración Cal presente en el listado general de configuraciones UPR. El archivo SWD carece de importancia en la medición de espesores.
 - Congelar manualmente utilizando el botón de **II** pausa una señal obtenida en el punto de la chapa en el cual ha sido medido el espesor real. Si es preciso modificar el

zoom rango hasta que en pantalla sean observados nítidamente todos los ecos de la señal.

- Situar sobre dos ecos consecutivos cada una de las puertas que aparecen al cargar la configuración UPR Cal. Si la dimensión de las ventanas no es la adecuada puesto que son o demasiado grandes o demasiado pequeñas, modificar su rango hasta que sea aproximadamente la mitad de la distancia entre ecos.

- Dentro de la caja de herramientas ultrasónica, en la pestaña *Base Tpo* y dentro de *material*, pulsar el icono *Cal*, se desplegará la ventana mostrada a la derecha.

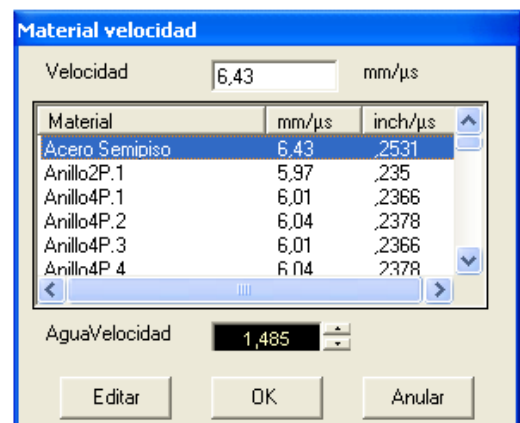


- En la mitad superior seleccionar la opción *velocidad*, el resto de la mitad superior no tiene por qué ser modificada.

- Escribir en *material* el nombre de la pieza cuya velocidad se está calculando y en *espesor* el espesor real medido anteriormente.

- Pulsar *Cal* y en *velocidad* aparecerá una primera aproximación al valor de la velocidad de transmisión. Seguidamente pulsar guardar.

- Cargar la configuración Last presente en el listado general de configuraciones UPR y establecer como *material* aquel cuya velocidad acaba de ser calculada. Recordar que esto se realiza desde la caja de herramientas ultrasónica, en la pestaña *base tpo*, dentro de *unidad* en el apartado *profundidad*. Situar la segunda puerta de modo que coincida con el primer eco y en la pestaña información de material, dentro del apartado T1 situar un valor ligeramente superior al espesor real que ha sido medido.



Material	mm/μs	inch/μs
Acero Semipiso	6,43	.2531
Anillo2P.1	5,97	.235
Anillo4P.1	6,01	.2366
Anillo4P.2	6,04	.2378
Anillo4P.3	6,01	.2366
Anillo4P.4	6,04	.2378



- Sintonizar nuevamente el punto de la chapa en el que hemos medido el espesor real y observar el valor especificado en el apartado grosor. Si se corresponde con el valor real la velocidad calculada es la correcta, si no es así el valor de la velocidad deberá ser modificado hasta que el valor medido por la aplicación coincida con el valor real.
- Si se da este ultimo caso seleccionar dentro de la caja de herramientas ultrasónica, en la pestaña *base tpo*, dentro de *unidad* el apartado *profundidad*. Se desplegará la tabla *Material velocidad*. Modificar el valor numérico que acompaña a velocidad y pulsar *Re Test* hasta que coincidan el valor indicado por la aplicación con el valor real. Hay que tener en cuenta que si el espesor indicado por la aplicación es inferior al valor real la velocidad de transmisión a de ser incrementada. La aplicación tiene una precisión de dos centésimas de milímetro.
- Si se quiere dejado almacenado en la aplicación el valor de esa velocidad seleccionar dentro del apartado *Material* de la pestaña *Base Tpo* la opción *Editar* y modificar el valor numérico que acompaña al nombre de la pieza cuya velocidad ha sido calculada. Para finalizar el proceso pulsar *Guardar*. Desde *editar* también es posible modificar el nombre de la pieza o del material, crear uno nuevo o borrar algún material ya existente.

10.2 CALCULO DE VELOCIDADES DE TRANSMISIÓN EN COMBINACIONES DE CHAPAS.

Los puntos de soldadura por resistencia son aplicados sobre combinaciones de dos o tres chapas. Lo más habitual es que esas chapas tengan diferentes velocidades de transmisión, por lo que la velocidad de transmisión a través del punto de soldadura será una combinación de los valores de las chapas que conforman ese punto.

Para determinar la velocidad de una unión soldada deben ser conocidas las velocidades individuales de transmisión del sonido de las chapas que la conforman. Ese proceso se explica con detenimiento en el punto 9.1.

En el caso de uniones soldadas de dos chapas aplicar la siguiente formula:

$$V = \frac{(T1 \times V1) + (T2 \times V2)}{(T1 + T2)}$$

V: Velocidad de transmisión de la unión soldada.

T1, T2: Espesores reales de las chapas.

V1, V2: Velocidades de transmisión de las chapas.

En el caso de uniones soldadas de tres chapas aplicar la siguiente formula:

$$V = \frac{(T1 \times V1) + (T2 \times V2) + (T3 \times V3)}{(T1 + T2 + T3)}$$

V: Velocidad de transmisión de la unión.

T1, T2, T3: Espesores reales de las chapas.

V1, V2, V3: Velocidades de transmisión.

Una vez ha sido calculada la velocidad de transmisión de la combinación de chapas solo queda añadirla al listado de velocidades. Para ello dentro del apartado *Material* de la pestaña *Base Tpo* pulsar la opción *Editar*. Se desplegará la ventana *Nuevo Material*. Bastará ir al final de la lista y pulsar *nuevo*. Aparecerá una casilla en blanco y manualmente podrán ser introducidos tanto el nombre como el valor de su velocidad. Es recomendable asignar para cada combinación de chapas un mismo nombre que aglutine a su velocidad de transmisión y a sus configuraciones UPR y SWD.



Material	mm/μs	inch/μs
PisoPost1	6,32	,2488
PisoPost3	6,19	,2437
PisoPost5	6,23	,2453
PisoPost6	6,08	,2394
PisoPost7	6,26	,2465
Steel	6,17	,2429
Water	1,48	,0583

Nuevo Borrar Guardar Anular

11. DISEÑO DE UN PLAN DE INSPECCIÓN.

El diseño de un nuevo plan de inspección o la modificación de uno ya existente se realiza desde la opción *Planes* presente en el menú principal. Desde aquí se programan y modifican los parámetros que definen a un plan de inspección. Esta parte solo es accesible para los administradores del equipo. A continuación se ve paso a paso como definir un nuevo plan de inspección.



11.1 DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS QUE FORMAN EL PLAN

El primer paso cuando se va a realizar un nuevo plan de inspección es determinar los puntos que van a componer ese plan. Con el listado de puntos se procede de la siguiente manera:

Acceder a la base de datos PUNTOS_OCULTOS (mis documentos\ScanMaster\Puntos ocultos).

- Crear una nueva hoja cuyo nombre sea el del plan a diseñar.
- Copiar de otra hoja ya existente el formato y las operaciones asociadas a cada campo.
- Copiar de la lista completa a la nueva hoja creada todos los puntos del plan.
- Establecer un orden lógico de inspección teniendo en cuenta dos criterios: el operador debe desplazarse lo mínimo posible alrededor de la pieza y los cambios de palpador deben ser los indispensables.

11.2 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS Y CONFIGURACIONES ASOCIADOS AL PLAN

Una vez obtenido el listado de puntos es necesario calcular las velocidades de transmisión de todas las chapas implicadas en el plan. Las velocidades de algunas chapas están ya calculadas (ver tabla Velocidades, mis documentos\ScanMaster\velocidades). Con los resultados obtenidos se recomienda seguir rellenando esa tabla.

A continuación medir el espesor real de las chapas implicadas en todos los lugares donde se aplican los puntos de soldadura a inspeccionar. Para ello se puede utilizar el medidor de embutición Tox o el aparato de ultrasonidos si se conocen las velocidades de transmisión.

Con estos datos rellenar para cada punto los campos de la hoja de Excel Espesor Real1, Espesor Real2, V1 (velocidad chapa 1) y V2 (velocidad chapa2). Automáticamente se rellenarán los campos N, O, P, Q, S y T.

Siempre que sea posible es necesario que el Espesor Real1 sea el correspondiente a la chapa mas fina. De no ser así es posible que la valoración automática de la aplicación



confunda los puntos sueltos con los puntos aplastados. Este caso solo se puede dar en combinaciones de chapas de grosores dispares, y en el caso de que se dé no representa un problema grave puesto que un operador con experiencia diferencia instantáneamente un punto suelto de un punto aplastado.

En el campo N aparece V que es la velocidad de la combinación de las chapas, irá asociado a la velocidad de transmisión especificada en cada configuración UPR y habrá una velocidad diferente por cada configuración. Es necesario editar estas velocidades, dándoles el nombre de su configuración, para que pasen a formar parte del listado de velocidades existente en la aplicación. Esta acción es de obligado cumplimiento y se realiza desde la caja de herramientas ultrasónica de cualquiera de los planes existentes. Ver apartado cálculo de las velocidades de transmisión.

En el campo O y P aparecen los espesores máximos y mínimos, que irán asociados al grosor máximo y mínimo que habrá que especificar en SWD Settings.

En el campo S y T aparecen $T1$ y $T2$, que irán asociados al apartado *Información de material*.

En el campo Q aparece TT , que representa el espesor total de la combinación de chapas. Aquellos puntos que estén aplicados sobre idénticas combinaciones de chapas y cuyo espesor total sea similar, llevarán asociadas las mismas configuraciones UPR y SWD. Teniendo en cuenta este hecho rellenar el campo R (*configuración*) procurando definir el mínimo número posible de configuraciones. Es recomendable que las configuraciones tengan por nombre el de la instalación a verificar seguido de un número.

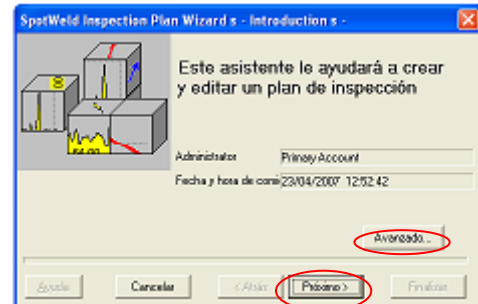
Llegado a este momento ya se tiene definidos los puntos del plan, su orden, sus espesores y la configuración a la que pertenecen. Falta realizar fotografías de todos los puntos, procurando agrupar en cada foto el máximo número posible de puntos. Estas fotografías, para que sean proporcionales al tamaño del cursor, es recomendable que tengan un tamaño aproximado de 340 x 250 píxeles o viceversa y formato de mapa de bits (BMP). La ubicación mas adecuada para guardar las imágenes es C \ Archivos de programa\ScanMaster\Spotweld\BMP.

11.3 ESPECIFICACIÓN DEL NOMBRE Y CLASIFICACIÓN DEL PLAN

Pulsando la opción *Planes* se muestra en pantalla la imagen seguidamente representada. Dentro de este apartado existen dos opciones:

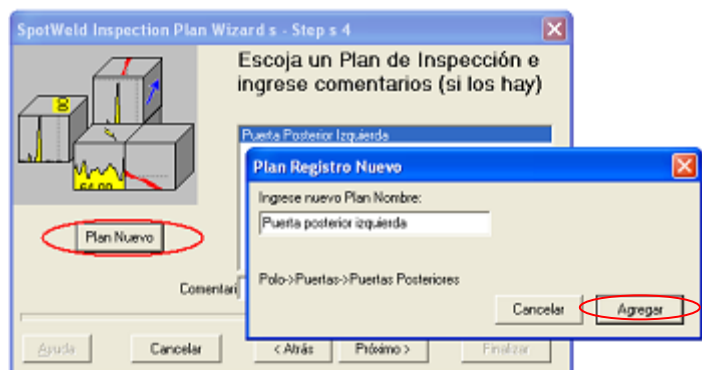


: Opción pensada para la creación de un nuevo plan de inspección. Desde aquí se define el nombre del plan y el grupo al



que pertenece. Se comienza clasificando el plan desde el grupo más general y se acaba especificando el nombre concreto. Los cuatro niveles de clasificación son modelo, grupo, parte y plan de inspección. Sitúan el nuevo plan dentro del árbol de planes que han sido creados en la aplicación y encasillan a un plan concreto dentro de grupos más generales. Para ir avanzando dentro del menú basta con seleccionar un grupo y pulsar *próximo*.

Siempre que sea necesario es posible definir nuevos grupos dentro de los niveles ya existentes. Esto se realiza en la parte inferior izquierda de la pantalla inicial de plan, véase figura anexa. Para ello hay que seleccionar los iconos



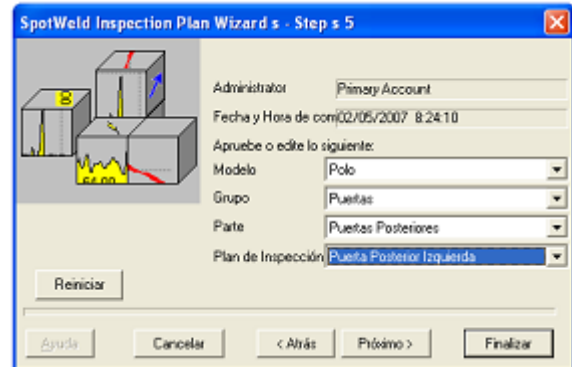
modelo nuevo, grupo nuevo, pieza nueva o plan de inspección nuevo según el nivel del menú que este desplegado. Seguidamente aparece un cuadro de dialogo en el que se ingresa el nuevo nombre. Basta con pulsar agregar para finalizar la creación de un nuevo modelo, grupo, pieza o plan.

El procedimiento para la creación de un nuevo plan de inspección es el siguiente:

- Pulsar *planes* y seleccionar la opción *próximo*
- Seleccionar un modelo de la lista o crear uno nuevo
- Pulsar *próximo* y seleccionar un *grupo* o crear uno nuevo
- Pulsar *próximo* y seleccionar una *pieza* o crear una nueva
- Pulsar *próximo* y seleccionar una *plan* o crear uno nuevo

- Pulsar *próximo* y comprobar que se ha situado el plan correctamente dentro del árbol. Si es correcto pulsar *finalizar*, si no pulsar *reiniciar* y repetir el proceso.

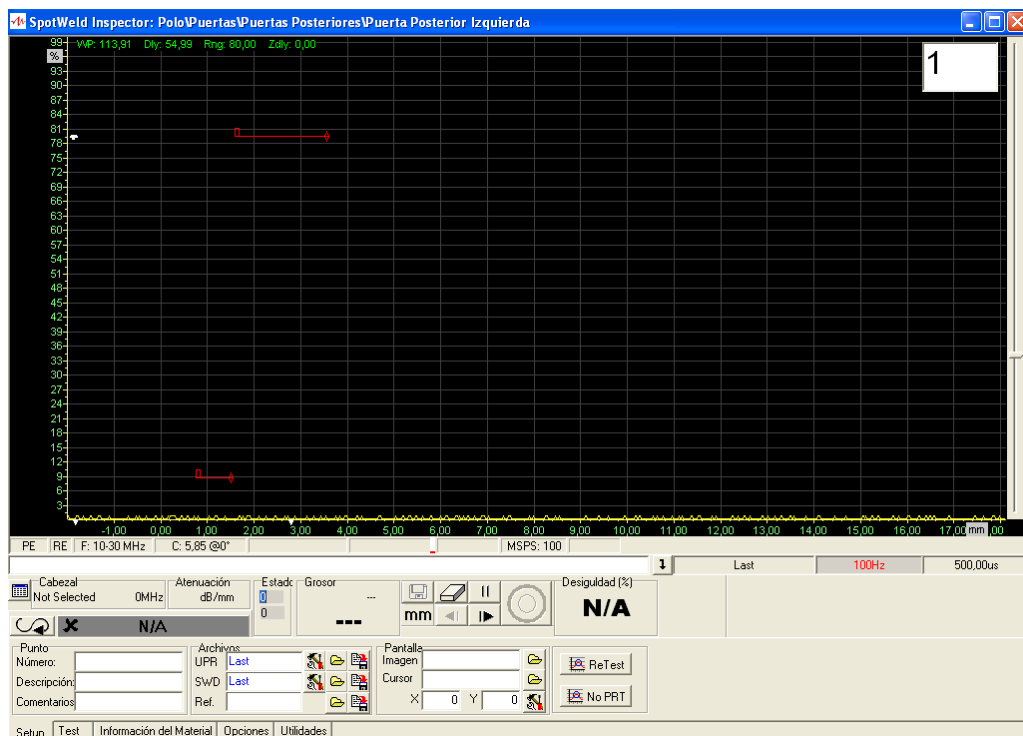
Avanzado... Opción pensada para modificar o retocar planes ya existentes, solo permite acceder a aquellos cuyo nombre y grupo al que pertenece ya están previamente definidos. Una vez pulsado el icono aparece el siguiente menú:



El procedimiento para modificar un plan de inspección ya existente es el siguiente:

- Pulsar *planes* y seleccionar la opción *avanzado*
- Seleccionar el modelo, grupo, parte y plan de inspección deseados
- Pulsar *finalizar*

Una vez establecido el nombre del plan y el grupo al que pertenece aparece la siguiente pantalla:





Obsérvese que en la parte superior izquierda aparece el nombre del plan y los diferentes subgrupos a los que pertenece. En la parte de abajo y en color gris está la zona en la que se especifican los diferentes parámetros que definen el plan.

11.4 CREACIÓN DE LOS PARÁMETROS SWD Y UPR

Los pasos para la creación de los parámetros SWD y UPR presentes en un plan de inspección son los siguientes:

UPR:


- Ir a información de material, rellenar los campos T1 y T2 (T3 si son tres chapas) y pulsar la opción *Set default values*. Se realizará una buena aproximación a los parámetros UPR.
- Ir a la pestaña Setup, capturar un punto bueno, desplegar la caja de herramientas ultrasónica y realizar las siguientes acciones:
 - En el apartado *Material* de *Base Tpo* indicar la velocidad de transmisión asociada a esa configuración. Previamente ha tenido que ser editada.
 - Comprobar que las ventanas están correctamente situadas. Generalmente suele ser necesario acortar el tamaño de la puerta de captura.
 - Comprobar que el DAC es el adecuado.
 - Comprobar que la ganancia no está en modo *Auto* y que es la adecuada para sintonizar el punto.
 - Si la base de los backwall es muy ancha, situación que se da en espesores suma totales inferiores a 2mm, modificar la *Anchura* (apartado emisor) a 10ns.

SWD:

- Desplegar el menú *SWD Settings* y realizar los ajustes pertinentes (especificados en el apartado ensayos de correlación).
- Pulsar el icono de guardar las configuraciones, asignarles su nombre correspondiente en la barra inferior de la ventana desplegada y pulsar *guardar*.

Repetir este procedimiento con todas las configuraciones existentes en el plan de inspección.

11.5 ESPECIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS PRINCIPALES

Llegado a este punto están ya definidos todos los datos y configuraciones que definen un plan. El siguiente paso consiste en rellenar la base de datos adjunta a cada plan de inspección y que contiene toda la información precisa para ese plan en concreto. Para acceder a ella es necesario pulsar el icono situado en el  margen inferior derecho de la pantalla *planes* una vez que ya ha sido definido el nombre del plan a programar. En esa base quedarán especificados todos los datos relativos al plan. Bastará rellenar campo por campo. Es recomendable agrupar los puntos por grupos de similares características (aquellos que tengan los mismos parámetros UPR, SWD o idéntica fotografía), para hacer uso del pegado múltiple y ahorrar tiempo. De igual manera la opción buscar/remplazar también resulta útil. Estas opciones se utilizan de manera idéntica que con otros programas convencionales como es el caso de Excel. Todos los campos precisan que sean confirmados pulsando enter después de ser rellenados.

SpotWeld Inspector: A04GP\Fábrica_2\Zona Pisos\Estructura Portante 21.05.2007 07.39.43																			
Author: Primary Account		Creation Date: 07/03/2007		Remarks:		Store Good: Yes		Store Bad: Yes		Gain Correct: No		Show Ref.: No		Show Ref.: No					
Punto No.	Descripción	Comentarios	Transductor	UPR	SWD	Ref.	Ref.	T1	T2	T3	M1	M2	M3	Imagen	Cursor	Xoff	Yoff	BMP	BMP
Punto 1555			N2055.6W - 20 Mhz	EstPort2	EstPort2		0	1,93	1,35	0				EstPort_3 Cursor(2)	109	80	146	754	250
Punto 1553			N2055.6W - 20 Mhz	EstPort2	EstPort2		0	1,98	1,35	0				EstPort_3 Cursor(2)	117	107	87	746	250
Punto 1537			N2055.6W - 20 Mhz	EstPort2	EstPort2		0	1,99	1,39	0				EstPort_3 Cursor(2)	81	145	196	710	250

Los campos cuya función puede ofrecer alguna duda son los siguientes:

T1, T2, T3: son en milímetros los grosores de las chapas a inspeccionar. Es imprescindible que T1 se corresponda con la primera chapa atravesada por el ultrasonido. Además, siempre que sea posible, es necesario que T1 sea la chapa mas fina de la combinación. De no ser así la evaluación automática de la aplicación podría confundir punto suelto con punto aplastado en el caso de chapas de grosores dispares. T2 se debe corresponder con la segunda chapa atravesada y T3 con la tercera.

Xoff, Yoff: son las coordenadas del cursor sobre la fotografía. El punto cero se encuentra en el margen inferior izquierdo. Resulta mas práctico volver a la página principal



del menú *planes* (para ello minimizar la base de datos), y situar la posición del puntero de manera manual sobre la misma fotografía arrastrando el puntero hasta la posición deseada.

BMP's: Los dos primeros números indican la posición de la fotografía. El primero respecto a la parte superior de la pantalla y el segundo respecto al margen izquierdo. Los siguientes números (tercero y cuarto) indican el tamaño, el tercero indica la anchura en píxeles y el cuarto la altura. Al igual que sucede con el puntero resulta mas practico situar manualmente la fotografía desde la pagina principal. Si se sitúa correctamente la primera fotografía al hacer uso del pegado múltiple las siguientes imágenes estarán ya situadas correctamente.

Otra opción es rellenar en la página de planes avanzando punto por punto todos los datos necesarios (nombre del punto, configuraciones, fotografía, posición del puntero, y espesores). Esta opción no es recomendable puesto que el tiempo invertido para diseñar el plan es mucho mayor que si se hace desde la base de datos.

11.6 AJUSTES DE CONFIGURACIÓN

Cuando se ha completado la base de datos únicamente falta por definir en la pestaña *opciones* del menú *planes* lo siguientes aspectos:

- Marcar *Grabar A_Scan test fallido*
- Marcar *Grabar A_Scan test exitoso*
- Aumentar el número de días en *Guardar A-Scan* a 300 unidades

Finalmente es recomendable repasar punto por punto que la fotografía, la posición del puntero y las configuraciones son las correctas. Realizar esta acción desde la pantalla principal del menú planes pulsando la flecha de saltar punto.

12. EJECUCIÓN DE UN PLAN DE INSPECCIÓN. NUEVO TEST

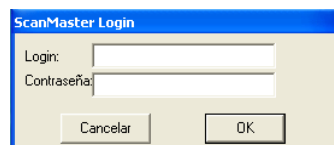
12.1 ACCESO AL PLAN

Los pasos a seguir para que un operador acceda a la ejecución de un plan de inspección son los siguientes:

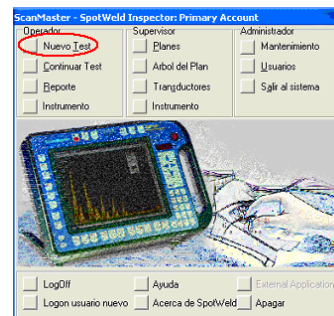
- Abrir el ordenador con su nombre y contraseña.
- En el escritorio hacer doble clic en el icono Shortcut to SpotWeld.exe:



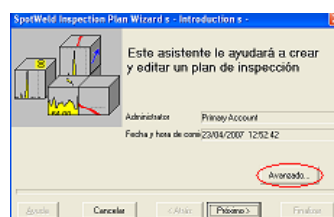
- En pantalla aparecerá un cuadro de dialogo, introducir nombre y contraseña:



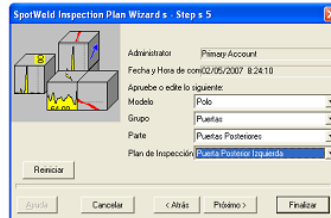
- Pulsar la opción *Nuevo test* en el menú *planes*:



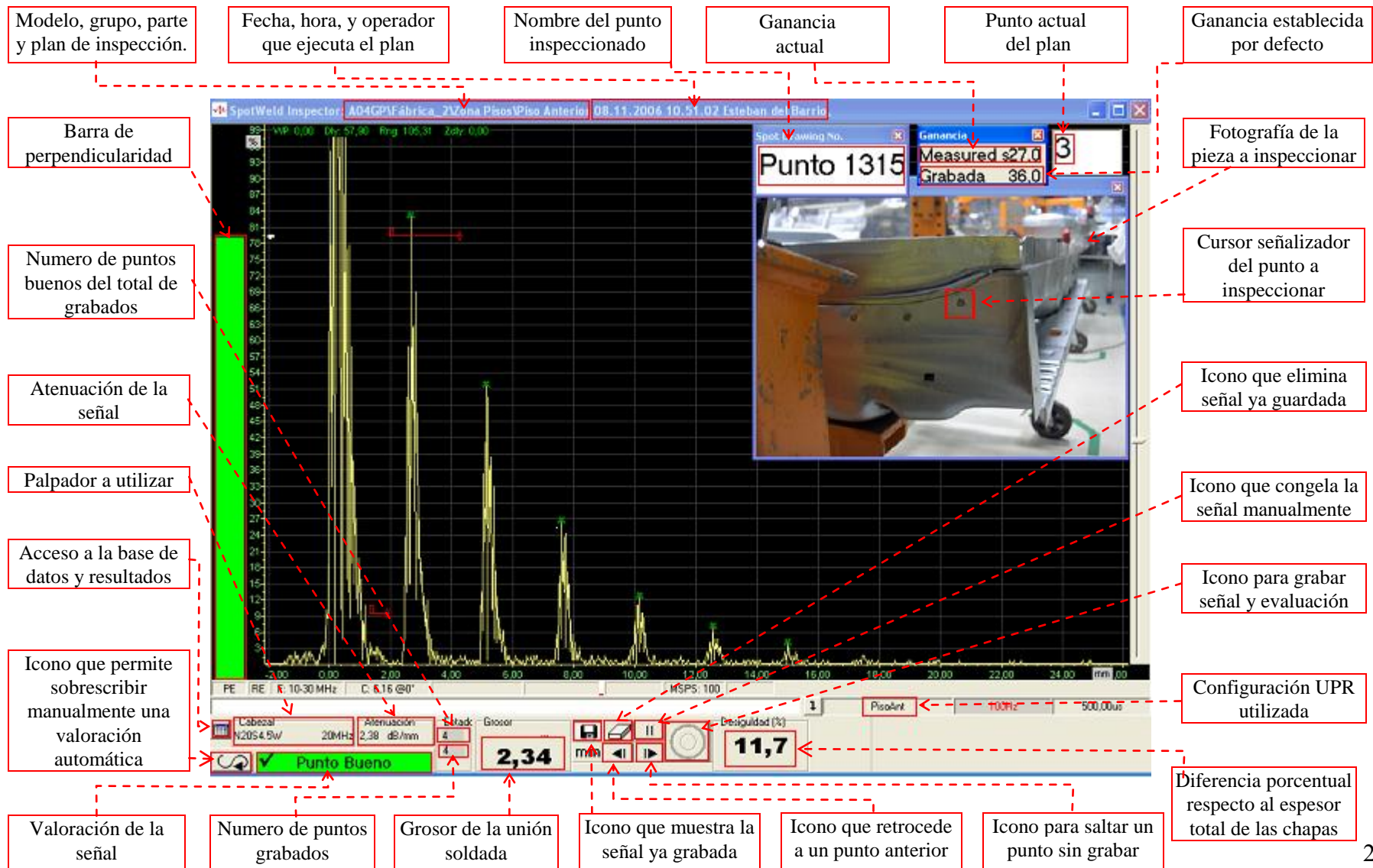
- En el cuadro que aparece pulsar la opción *Avanzado*



- En el cuadro que aparece seleccionar el modelo, grupo, parte y plan de inspección deseado.



Pulsar *Finalizar*. La aplicación se abrirá en la pantalla de inspección. El aspecto y significado de lo contenido en esa pantalla es el que sigue a continuación. Comprobar en la parte superior de la página que el plan que se ha abierto es el correcto.



12.2 EJECUCIÓN DEL PLAN

Con la pantalla principal ya desplegada el proceso a seguir es el siguiente:

- Identificar el punto a testar. Para ello puede hacerse uso de la fotografía mostrada en pantalla y del nombre del punto, cuya ubicación está indicada en las piezas blancas de cada zona de GRC's.
- Sintonizar el punto teniendo en cuenta que el palpador utilizado es el indicado en la pantalla principal de A_Scan (margen inferior izquierdo). En el caso de que la membrana del palpador esté pinchada sustituirla según el siguiente procedimiento:

- Desconectar el cable de la tarjeta para que esta no sufra altibajos de tensión.
- Desenroscar en posición vertical la parte 2 del palpador de la parte 1 y vaciar el agua contenida.
- Desenroscar la parte 3 de la parte 2, quitar la antigua membrana y sustituirla. Los palpadores de 3,6mm y 4,5mm utilizan membranas de 11mm y el palpador de 5,6mm utiliza membranas de 12mm.
- Enroscar la parte 3 en la parte 2, rellenar con agua y comprobar que ninguna burbuja ha quedado atrapada dentro.
- Enroscar, situando el palpador verticalmente, la parte 2 sobre la parte 1 y comprobar que la membrana sobresale unos 5mm.
- Conectar el cable nuevamente a la tarjeta.



Para modificar la ganancia, grabar un punto, congelar la imagen manualmente o sobrescribir una valoración automática hay dos opciones. Utilizar la pantalla A_Scan y seleccionar con el ratón los iconos, o hacer uso del mando a distancia.

Este último facilita la sintonización del punto y hace más cómoda la inspección. Resulta muy práctico para modificar la ganancia y para grabar los puntos ya sintonizados. El significado de los distintos botones es el siguiente:



- Una vez sintonizado el punto y si se considera que la valoración automática emitida por la aplicación es la correcta grabar el punto. Automáticamente la aplicación avanza al siguiente punto.

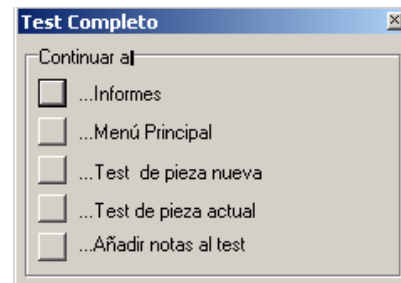
Si se considera que la valoración no es la correcta sobrescribir la decisión. Se pueden dar dos casos. En el caso de que la aplicación diga que el punto es defectuoso y no lo sea basta sobrescribir la valoración como buena y grabar (ver significado de los botones del mando). En el caso de que la aplicación valore la señal como buena y sea defectuosa pulsar el botón de señal defectuosa, seleccionar con las flechas el defecto deseado, aceptar la opción seleccionada y pulsar grabar.

Si por algún motivo el punto no puede ser sintonizado y se desea saltar al siguiente punto pulsar la flecha de saltar al siguiente punto. En pantalla se desplegará una lista de

motivos por los cuales se salta ese punto. Basta seleccionar uno de ellos y pulsar confirmar para saltar al siguiente punto. Si en la lista desplegable no aparece la causa por la cual el punto necesita ser saltado, seleccionar la opción *others*. Aparece un cuadro de dialogo en el que se puede indicar manualmente el motivo por el cual ese punto no puede ser verificado.

- Repetir el proceso y sintonizar todos los puntos indicados por el plan. En caso de tener que omitir la inspección de algún punto o de necesitar sobrescribir alguna decisión automática repetir lo indicado en el punto anterior.

- Cuando se testa el último punto, en pantalla aparece el cuadro anexo. Cada una de estas opciones al ser pulsadas abren la aplicación en el lugar indicado. *Informes* despliega la hoja de resultados de la inspección recién realizada. *Menú principal* envía a la página principal de la aplicación. *Test de pieza nueva* envía a la página donde se selecciona el plan deseado. *Test de pieza actual* devuelve a la inspección recién realizada en la pagina A_Scan para tener la posibilidad de volver a testar algún punto. *Añadir notas al test* despliega un cuadro de dialogo en el que se puede indicar las observaciones que el operador considere pertinentes.



- Si en algún momento durante el transcurso de la aplicación esta emite mensajes de alerta por error y la pantalla A_Scan queda en blanco salir de la aplicación y reiniciar el equipo.



8. ESTRUCTURA DEL CURSO

Con la experiencia recopilada durante la puesta a punto del sistema de verificación y una vez redactado e impreso el manual de formación se ha procedido a la realización del curso.

Asistieron cuatro técnicos de mantenimiento del departamento de chapistería. Estos técnicos de mantenimiento son los encargados de ajustar y adaptar los equipos ultrasónicos a las necesidades que surgen una vez finalizada la beca. Junto con ellos asistió uno de sus mandos, encargado de la supervisión de las nuevas programaciones del aparato, y los tres operadores de maquina, técnicos responsables de la verificación de los puntos de soldadura mediante la ejecución de los planes de inspección.

El curso ha sido impartido en las instalaciones de formación de VW-Navarra y ha tenido una duración de 40 horas repartidas en cinco jornadas.

En la primera jornada se explicaron las nociones teóricas necesarias para comprender el funcionamiento del sistema de verificación por ultrasonidos. Los puntos tratados fueron los siguientes:

- Principios teóricos ultrasónicos
- Conceptos básicos
- Recorrido del sonido a través de los metales
- Inspección de puntos
- Tipos de señales

La segunda jornada estaba enfocada a la comprensión, instalación y manejo de la aplicación. Esta tenía cierta complicación y fueron explicados punto por punto todas las opciones que el menú ofrecía. Los aspectos tratados fueron los siguientes:

- Instalación del software spotweld inspector
- Opciones principales de la aplicación Spotweld Inspector
- Navegación por la aplicación
- Explicación de todos los menús



- Definición y explicación de los parámetros de sintonización UPR
- Definición y explicación de los parámetros de evaluación SWD

A partir de la tercera jornada el curso se enfocaba de manera práctica. En esta jornada se exponían los pasos previos para la creación de un plan de inspección. Estos pasos fueron tratados en los siguientes puntos:

- Creación de parámetros UPR
- Reglas para dar por buena una señal para el ajuste de los parámetros UPR
- Creación de parámetros SWD
- Ensayos destructivos para el ajuste de los parámetros SWD
- Árbol de decisión en evaluaciones automáticas
- Selección de palpadores
- Cálculo de las velocidades de transmisión

En la cuarta jornada se explicó la programación y ejecución de los planes de inspección. Se estructuró en los siguientes puntos:

- Creación de un plan de inspección
- Determinación de los parámetros y configuraciones asociados al plan
- Especificación de los parámetros principales
- Ajustes de configuración del plan

La quinta jornada se desarrolló en el taller. Consistió en la realización por parte de los asistentes de planes de inspección para piezas reales. Se aprovechó la existencia de dos equipos de inspección. Tuvo esta estructura:

- Realización práctica de un plan de inspección en el taller
- Ejecución de un plan de inspección
- Preguntas y respuestas



9. CONCLUSIONES

- La verificación mediante ultrasonidos es una herramienta útil y funcional en la inspección de puntos de soldadura y es la única que aporta información sin destruir o deformar la pieza a inspeccionar. Se hace imprescindible en inspecciones de carrocerías acabadas ya que en ellas no son viables los retrabajos generados después de una verificación tradicional por cincel.
- El ajuste y la programación de los equipos de verificación ultrasónica requieren conocimientos teóricos muy específicos. Estos aspectos teóricos hacen referencia a la naturaleza física del ultrasonido y a su generación, transmisión y recepción en los equipos de verificación. Todos estos conocimientos teóricos están presentes en el manual desarrollado.
- Para que el ajuste de la programación de los equipos sea óptima se hace imprescindible tener una cierta experiencia en la inspección de campo de los puntos de soldadura. Con un buen ajuste de la aplicación el técnico encargado de realizar la inspección hará su trabajo de forma más efectiva.
- Para que los técnicos encargados de las inspecciones realicen una correcta interpretación de la señal que muestra la aplicación en pantalla y realicen un diagnóstico correcto del punto inspeccionado se hace necesario que sean conocedores de todos los conceptos desarrollados en el manual. La aplicación realiza una valoración automática de las señales de los puntos de soldadura, si los técnicos son expertos, su criterio tiene más fiabilidad que la valoración que la aplicación realiza y se obtienen resultados más fiables.
- Todas las nociones necesarias para programar, ajustar y utilizar correctamente los equipos ultrasónicos del taller de chapistería de VW-Navarra están contenidas en el Curso de verificación por ultrasonidos presentado en este proyecto. Este manual ha servido como base a un curso de programación de equipos de verificación ultrasónica, pero no se considera imprescindible la realización de este curso para la correcta programación de los equipos. Toda la información está contenida en el manual.



10. BIBLIOGRAFIA

- Fundamentos de los ultrasonidos. Jack Blitz, Alhambra, 1969.
- Ultrasonics fundamentals and applications. Heinrich Kuttruff, Elsevier Applied Science, 1991
- Ultrasonics, Benson Carlin, McGraw-Hill Book Company, 1949
- Ultrasonics: data, equations and their practical uses. Boca Raton, CRC Press, 2009
- Diagnostic ultrasonics: principles and use of instruments, Mac Dicken, Churchill Livingstone, 1991
- La Técnica ultrasónica aplicada al control de calidad de la soldadura. Josep Massó Oriol, Sedigas, 1989.
- Curso de soldadura por resistencia, mantenimiento de chapa VW- Navarra, 2002.
- Curso de control de soldadura Bosch, mantenimiento de chapa VW-Navarra, 2002.
- Spotweld Inspector, Operator Manual; Scan Master, 2007.
- Spotweld Inspector, Programmer Manual; Scan Master, 2007.

